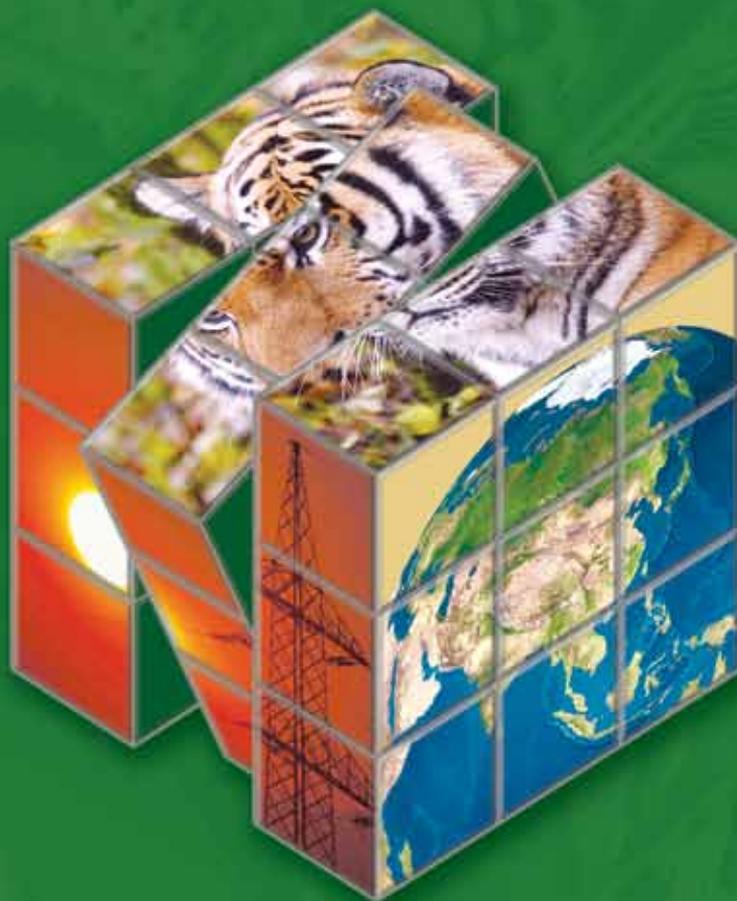




Для регионов
России:

Приморский край
Хабаровский край
Сахалинская область
Амурская область
Камчатский край
Еврейская автономная область
Чукотский автономный округ



А.О. Кокорин, Е.В. Смирнова, Д.Г. Замолодчиков

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ СТАРШИХ КЛАССОВ



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

А.О. Кокорин, Е.В. Смирнова, Д.Г. Замолодчиков

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

КНИГА ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ СТАРШИХ КЛАССОВ

Москва — 2013

УДК 373.5.016:551.5(571.6)

ББК 74.262.8

К 59

Кокорин А. О., Смирнова Е. В., Замолодчиков Д. Г.

Изменение климата. Книга для учителей старших классов общеобразовательных учреждений. Вып. 2. Регионы Дальнего Востока. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. — 234 с.

ISBN 978-5-9903641-5-8

Рецензенты:

Н. М. Бызова (г. Архангельск, к. г. н., проф., зав. кафедрой географии и геоэкологии САФУ),
О. Н. Пермьякова (г. Владивосток, к. полит. н., доцент кафедры геологии, геофизики и геоэкологии ДВФУ),
Г. М. Чан (г. Владивосток, координатор программы SPARE/ШПИРЭ в Дальневосточном федеральном округе, педагог дополнительного образования МБОУ ДОД «Центр детского творчества г. Владивостока»),
О. Б. Чехонина (г. Москва, к. б. н., доцент кафедры биологии и экологии животных МГОУ).

Материалы, представленные в настоящем издании, посвящены проблеме изменения климата, его проявлениям в глобальном масштабе, в Арктике и в отдельных регионах России. Отдельно рассматривается влияние изменений климата на леса и их обратное влияние на климат. Для каждого из семи рассматриваемых регионов Дальнего Востока представлена информация о местных изменениях климата, прогностических оценках, вероятных социальных, экономических и экологических последствиях. Даются практические советы по сбережению тепла и электроэнергии как способу личного участия школьников в решении проблемы воздействия человека на климат. Книга может быть использована учителями при проведении уроков географии, биологии, физики, экологии, математики и др., а также внеклассных мероприятий. Представлена примерная программа факультативного курса «Климат и энергосбережение» для учащихся 10–11-х классов общеобразовательных школ. Книга может быть использована для самостоятельного изучения вопросов, связанных с изменениями климата, преподавателями и студентами специальных и высших учебных заведений, педагогами системы дополнительного образования и всеми, кто интересуется данной проблемой.

Подготовлено в рамках программы «Климат и энергетика» Всемирного фонда дикой природы (WWF) при поддержке WWF Нидерландов. Используются материалы программы Школьных проектов по использованию ресурсов и энергии (SPARE/ШПИРЭ).

Редактор: *Юлия Калиничева*

Корректор: *Елена Дубченко*

Дизайн, верстка: *Денис Копейкин*

Коллаж на обложке: *Денис Копейкин*

Издатель: Всемирный фонд дикой природы (WWF)

Типография: Полиграф Медиа Групп

Тираж: 3500 экз.

Издание распространяется бесплатно

© Текст: 2013, Всемирный фонд дикой природы (WWF). Все права защищены.



СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
БЛАГОДАРНОСТИ	10
ВВЕДЕНИЕ	13
ТЕМА 1	
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ	18
Изменение климата на планете	19
Климат менялся всегда	20
Последние миллионы лет: радиационный баланс Земли	23
Сотни тысяч лет: ледниковые периоды	26
Естественные изменения климата в последние столетия: океанские циклы, вулканы и Солнце	29
Главная климатическая особенность последних десятилетий	35
Рост температуры в мире и в России	41
Разбалансировка климата и рост числа опасных гидрометеорологических явлений	44
Опасны не нынешние, а будущие изменения климата	50
Резюме	57

ТЕМА 2	
ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?	58
Атмосфера	59
Состояние льдов и океанских вод	61
Морские экосистемы	67
Наземные экосистемы	71
Гидрологический режим и криосфера	73
Резюме	77
ТЕМА 3	
ЛЕС И КЛИМАТ	78
Лесные ритмы Европы в прошлом	79
Тенденции современности	83
Прогноз на будущее	87
Воздействие леса на климат	88
Резюме	95

ТЕМА 4
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ 96

Изменения климата на Дальнем Востоке 98

Чукотский автономный округ 109

Камчатский край 118

Сахалинская область 126

Хабаровский край 133

Амурская область и Еврейская автономная область 140

Приморский край 149

ТЕМА 5
СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ 158

Что можно сделать для снижения влияния
человека на климат? ... 159

Источники потерь тепла в жилых зданиях 162

Как сохранить тепло? 166

«Пассивные» дома 171

ТЕМА 6	
СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ЭТО МОЖЕТ СДЕЛАТЬ КАЖДЫЙ	174
Потребление и возможности экономии электроэнергии	175
Маркировка энергоэффективности	182
Как наша экономия электроэнергии проявляется в тоннах CO ₂ ?	185
ПРИЛОЖЕНИЯ	186
1 Справочная информация об антропогенных выбросах парниковых газов	187
2 Углеродный и экологический «след» человечества	201
3 Пример школьной работы по наблюдению за последствиями ледяного дождя	207
4 Примеры работ школьников по сохранению тепла и электроэнергии	213
5 Программа факультативного курса «Климат и энергосбережение» для учащихся 10–11-х классов общеобразовательных учреждений	222
ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКИ	230

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые читатели!

Перед вами издание, посвященное изменению климата — теме, которая имеет ряд принципиальных отличий от других экологических и естественно-научных проблем.

Во-первых, она относительно новая, поэтому пока недостаточно интегрирована в программы учебных курсов школ и вузов. Люди хорошо понимают, что загрязнение воздуха и воды, деградация почв, возникающие и разрастающиеся стихийные свалки бытовых отходов в лесах и на обочинах дорог и некоторые другие проблемы вызваны деятельностью человека и в конечном итоге ухудшают условия и качество жизни. Понимание сути проблемы изменения климата пока гораздо слабее. Поэтому по изменению климата на данном этапе требуется не столько учебное пособие по методике преподавания, сколько пособие для учителя, содержащее необходимую базовую информацию по этой теме.

Во-вторых, изменение климата — проблема глобальная. И миллионы, и тысячи лет назад климат менялся под действием явлений планетарного масштаба: тектонических процессов, изменения орбиты и радиационного баланса Земли в целом. Столь же глобально сейчас и загрязнение атмосферы человеком — дополнительное воздействие, которое накладывается на естественные процессы. Понять причины изменений можно, только зная ситуацию на всей планете. Однако выявить последствия изменений климата и вовремя принять меры можно только на месте.

Эта книга подготовлена, прежде всего, на базе докладов и бюллетеней Росгидромета, последних работ его институтов, список которых представлен в конце. Здесь также использованы данные по экологии и климату, полученные Всемирным фондом дикой природы (WWF) из заповедников и национальных парков, а также от региональных экспертов.

Споры о климате, причинах и тенденциях его изменения не прекращаются. Интересно, что спорят, как правило, не климатологи, а ученые других специальностей, журналисты, политики, бизнесмены. При этом они пытаются отстаивать крайние точки зрения: одни говорят, что человек на климат не влияет,

а другие — что все определяется действиями человека и мы идем к климатической катастрофе. Как часто бывает, истина посередине: пусть угрозы существованию жизни на Земле нет, но, как показано в научных трудах, факт воздействия человека на климат сомнения не вызывает.

Для того чтобы разобраться в ситуации со «спорами», в США даже провели специальные опросы. Выяснилось, что с аккуратными и по-научному сдержанными формулировками, такими как приведены ниже, в резюме первого тематического раздела, согласны практически все активно работающие ученые-климатологи¹. В то же время в проблеме климата еще очень много неясного, и, читая книгу, вы это не раз отметите. В данном случае, чтобы не идти против истины, очень важно использовать предельно выверенные выражения о степени изученности того или иного вопроса.

Именно в таких тщательно выверенных формулировках авторы излагают проблему. Сначала рассмотрены изменения климата на планете, потом ситуация в Арктике. Следующая тема «Лес и климат» охватывает все леса нашей страны. Это результат специального исследования, проведенного для данной книги проф. МГУ имени М. В. Ломоносова Д. Г. Замолотчиковым. Далее идет характеристика местных изменений климата, их прогноз, описание вероятных последствий и мер, которые можно предпринимать в каждом из регионов.

Завершают книгу разделы, в которых рассказано о том, что может сделать каждый из нас, чтобы снизить воздействие человека на климатическую систему и одновременно позаботиться об энергетическом бюджете страны и о бюджете своей семьи. Это сбережение тепла и электроэнергии.

Надеемся, что примеры конкретных действий на уровне школ, семей и отдельных граждан помогут учителю включить в занятия интерактивные блоки, стимулировать проактивное участие школьников в обсуждении причин изменения климата, возможных мер по адаптации или смягчению последствий такого изменения собственными действиями.

Цель работы — показать современный уровень знаний в области изменения климата и содействовать широкому использова-

¹ Consensus Among Scientists: Climate Crisis Is Due To Human Activities. 7 February, 2013 <http://www.countercurrents.org/cc070213A.htm> См. также дискуссионный форум ученых-климатологов www.realclimate.org

нию полученных знаний на практике в соответствии с принципом «Мысли глобально, действуй локально!»).

Впрочем, невозможно объять необъятное, и в книге нет многих вещей, имеющих отношение к проблеме климата, в частности, описания проблемы отходов, экологичного транспорта и т. п. Здесь авторы ограничились справочными приложениями по выбросам парниковых газов и экологическому следу, где можно найти ссылки на издания, освещающие самый широкий спектр вопросов. Региональные изменения климата и их последствия также пока рассматриваются лишь для небольшого числа субъектов Российской Федерации. Конечно, хотелось бы охватить все регионы, но WWF начал с тех, где он наиболее активно работает. Данная книга издана в двух вариантах (выпусках). В первом рассматриваются несколько регионов севера европейской части России и Западной Сибири, а во втором — ряд регионов Дальнего Востока.

Для удобства распространения и использования информации все разделы данной книги размещены на климатической странице сайта WWF России (www.wwf.ru/climate) как в виде pdf файла, так и в формате MS Word. Пожалуйста, используйте эти материалы как можно шире. Желаем вам успехов.

*Директор WWF России по охране природы
к. б. н. В. В. Элиас*

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы хотели бы выразить благодарность более ста учителям школ и преподавателям вузов из разных городов России, горячо и конструктивно обсуждавших книгу на семинарах в Архангельске, Владивостоке, Москве и Мурманске. Несколько опытных преподавателей и методистов из разных регионов любезно согласились быть рецензентами данной книги: Н. М. Бызова, О. Н. Пермякова, Г. М. Чан и О. Б. Чехонина. Они дали массу ценных советов и замечаний, которые позволили сделать наше издание более четким и легким для понимания. Более того, Г. М. Чан подготовила специальное приложение, где описываются школьные работы, выполненные на Дальнем Востоке. Большой вклад в подготовку книги внесли сотрудники Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН Г. В. Груза и Э. Я. Ранькова, которые проанализировали данные местных метеостанций, без чего наша работа имела бы меньшую практическую наглядность.

Мы благодарим сотрудников национальных парков, заповедников и заказников — Бастака, Кенозерского, Командорского, Кроноцкого, Курильского, Лапландского, Ненецкого, Пасвик, «Русская Арктика», Сихотэ-Алинского, а также ряда других. Они заинтересованно отнеслись к просьбе WWF России и ответили на вопросы о наблюдаемых на их территории явлениях, прямо или косвенно связанных с изменением климата.

Также мы хотели бы выразить благодарность специалистам, которые помогли нам в подготовке книги, в том числе и тем, кто активно работает по программе Школьных проектов по использованию ресурсов и энергии (ШПИРЭ) и предоставил нам ее наработки, использованные в данной книге: В. Д. Бойцова, Л. В. Елфимову, В. М. Катцова, Е. Н. Кругликову, О. А. Макарову, Е. В. Медеян, Т. В. Назарову, С. С. Решетова, О. Н. Сеннову, М. В. Смирнову, К. М. Соколова, А. А. Шлык и многих других.

Мы выражаем благодарность Агентству по международному развитию США и Ю. Е. Казакову за поддержку на начальном этапе работы, что, в частности, позволило провести семинары в различных городах для обсуждения черновых вариантов тематических разделов данной книги. Благодарим издательство Полиграф

Медиа Групп, качественно и за минимальную стоимость издавшее книгу на FCS сертифицированной бумаге. Это означает, что при ее изготовлении использовалась только древесина, полученная из лесных хозяйств, ведущих рубки с соблюдением экологических требований.

Авторы хотели бы поблагодарить сотрудников WWF России, которые в течение полутора лет помогали в работе над этой книгой и без которых вряд ли удалось бы успешно ее завершить: Ю.В. Калиничеву и О.Н. Липку, которые взяли на себя огромный труд технической подготовки и организации издания, а также Т.С. Баеву, В.Г. Краснопольского, Е.Г. Старостину, О.К. Суткайтиса, С.И. Титову, Ю.Р. Фоменко, А.А. Щеголева, В.В. Элиас и многих других.

А. О. Кокорин

Е. В. Смирнова

Д. Г. Замолодчиков



Эта книга издана в двух выпусках. Перед вами второй выпуск, посвященный семи регионам Дальнего Востока: Приморскому и Хабаровскому краям, Сахалинской и Амурской областям, Камчатскому краю, Еврейской автономной области и Чукотскому автономному округу.

Первый выпуск книги охватывает четыре региона Северо-Запада России и Западной Сибири: Мурманскую область, Архангельскую область, Ненецкий автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ.

Выпуски отличаются тематическими разделами «Региональные изменения климата и их вероятные последствия», подразделами темы «Лес и климат», в которой рассматриваются леса Европы или Азии, соответственно, а также приложениями 4 с примерами работ школьников. Остальные разделы обоих выпусков одинаковы.

Книги предназначены, прежде всего, для учителей школ вышеуказанных регионов, но их могут бесплатно получить и учителя других регионов, а также все, кто интересуется проблемой изменения климата.

За получением книг вы можете обратиться в офис Всемирного фонда дикой природы (WWF) в **Москве: 109240, ул. Николаямская, д. 19, стр. 3; тел. 8 (495) 727 09 39, к Кокорину Алексею Олеговичу, akokorin@wwf.ru.**

Книги также имеются в офисах Всемирного фонда дикой природы (WWF) в **Архангельске, Мурманске, Владивостоке и Петропавловске-Камчатском.** Адреса и телефоны см. на www.wwf.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы изменения климата, особенно воздействие человека на климатическую систему Земли, — тема, в последние годы очень активно обсуждаемая в самых широких кругах. В ней остается немало не до конца исследованных «белых пятен». Поэтому, прежде чем разрабатывать методики преподавания данной темы, следует дать педагогам информационную основу, что и является целью данной книги. Пока система образования находится на этапе понимания того, *чему* надо учить. Поэтому перед вами книга для учителей, а не пособие по тому, *как* в образовательных учреждениях надо изучать вопросы изменения климата. Подготовка пособий — следующий этап, за которым, вероятно, последуют учебники и включение вопросов изменения климата в базовые курсы географии и других предметов.

Изложенные в книге материалы соответствуют имеющейся в РФ нормативной базе, касающейся климатических изменений. В конце 2009 года Президент России подписал Климатическую доктрину, где четко говорится про изменение климата, его во многом антропогенную природу, негативные и позитивные эффекты¹. Вслед за этим документом в апреле 2011 года правительство приняло Комплексный план реализации Климатической доктрины на период до 2020 года², где среди прочего Росгидромету была поручена подготовка материалов по просвещению населения.

В 2009 году усилиями научных институтов Росгидромета и РАН издан двухтомный обзор об изменениях климата и их последствиях на территории нашей страны³. В 2011 году он был дополнен обзором экономических и социальных явлений, которые

¹ Климатическая доктрина РФ. 2009. Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/news/6365> или <http://президент.рф/acts/6365>. См. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine.doc

² Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 25 апреля 2011 г. № 730-р «Об утверждении комплексного плана реализации Климатической доктрины РФ на период до 2020 г.». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2074495/>. См. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine_Action_PI.

³ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009, <http://climate2008.igce.ru>

ожидаются в России в период до 2030 года⁴. Методические вопросы выявления изменений климата и их последствий рассмотрены в детальном труде, вышедшем в 2012 году⁵. В нашей стране ежегодно в марте выходит доклад об особенностях климата за предыдущий год⁶. Каждый месяц Росгидромет выпускает электронное издание — бюллетень «Изменение климата», рассчитанный на широкую аудиторию и освещающий последние данные науки, а также ответы ученых на наиболее злободневные вопросы⁷. Эти и другие издания размещаются на специально созданных сайтах www.global-climate-change.ru и <http://climatechange.igce.ru>.

Все это и позволило подготовить данную книгу, научную основу которой составили, прежде всего, указанные выше доклады и бюллетени. Кроме того, Всемирный фонд дикой природы (WWF) провел специальный опрос сотрудников заповедников, заказников и национальных парков, позволивший получить информацию о многих местных явлениях и эффектах, прямо или косвенно связанных с изменениями климата.

Структура данной книги построена на постепенном продвижении от глобального масштаба к местному — региональному, от проблем и мер, предпринимаемых на всей планете, к действиям, которые под силу каждому школьнику.

Первый тематический раздел дает читателю информацию об изменениях климата Земли в целом. Рассмотрение идет от явлений миллионов и тысяч лет к эффектам последних лет и их вероятному прогнозу в масштабе планеты и отдельных континентов. Подчеркивается, что у изменений климата много различных естественных причин, которые по-разному действуют в разных временных масштабах. Для сотен миллионов лет важно расположение континентов, для сотен тысяч лет — изменение орбиты Земли, для сотен лет — активность Солнца и океанские циклы.

⁴ Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева. Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011, 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>

⁵ Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем. С. М. Семенов (ред.). М.: Росгидромет, 2012, 512 с. <http://www.igce.ru/category/knigi>

⁶ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012 (доклады выходят ежегодно). www.meteorf.ru см. также <http://climatechange.igce.ru>

⁷ Изменение климата, Ежемесячный электронный бюллетень, М. Росгидромет. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru

В последние десятилетия на эту картину стало накладываться влияние на климатическую систему человека, которое в XXI веке будет усиливаться. Раздел завершается тремя параграфами краткого резюме, где в научно строгих формулировках дается сводка состояния вопроса. Это базис, необходимый для понимания сути изменений климата в любом учебном курсе, вне зависимости от предмета: географии, биологии, физики или иных дисциплин.

Второй тематический раздел посвящен Арктике. В нем собрана информация о том, насколько существенны изменения в Российской Арктике в последние годы, как они могут быть связаны с изменениями климата. В пяти кратких подразделах последовательно рассматриваются атмосфера, воды и льды Северного Ледовитого океана, морские экосистемы, наземные экосистемы, гидрологический режим и криосфера. Эти материалы могут использоваться как совместно, так и отдельно, в зависимости от конкретного курса или изучаемой дисциплины.

Третий тематический раздел — «Лес и климат», где рассказывается о том, как климат влияет на леса и как леса влияют на климат. Приведены специально подготовленные карты, наглядно демонстрирующие влияние изменений климата на растительный покров Азии в прошлые тысячелетия. Затем детально рассматриваются идущие сейчас процессы трансформации лесов России и их роль в круговороте CO_2 . Эта информация может быть особенно полезной для курсов географии и биологии.

Четвертый тематический раздел посвящен региональным изменениям. В нем не дается физико-географического описания регионов и их климата, так как оно имеется в курсе географии. В данной книге дается дополнительная информация именно об изменениях климатических параметров и вызываемых ими последствиях.

Сначала в вводном подразделе рассматриваются изменения климата на Дальнем Востоке страны в целом. Затем следуют 6 подразделов — для отдельных регионов. Материал построен так, что для изучения вопросов местного изменения климата достаточно вводного подраздела и подраздела, посвященного данному региону. Это, конечно, привело к ряду повторов, но, по мнению авторов, упрощает использование информации. Для каждого региона приводятся данные о тенденциях изменения температуры и осадков, а также их прогноз на ближайшие десятилетия, составленный в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова⁸.

⁸ Сайт Главной геофизической обсерватории: <http://www.voeikovmgo.ru>. Нужно выбрать справа сверху раздел «Изменение климата России в XXI веке».

Для отдельных метеостанций дан примерный прогноз изменения средних, максимальных и минимальных за год температур, специально подготовленный в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. Эта информация может быть полезна для дополнительных занятий по географии вашего региона.

Кроме того, для каждого региона дана сводная таблица социальных, экономических и экологических проблем, которые могут быть вызваны наблюдаемыми изменениями климата. Таблица также содержит информацию о вероятных последствиях изменений климата и предлагаемых мерах. Меры, перечисленные в таблице, призваны помочь региону адаптироваться к новым климатическим условиям, избежать сильных негативных эффектов и, насколько возможно, воспользоваться позитивными факторами. Собран очень широкий спектр явлений, поэтому данная информация может использоваться при рассмотрении комплексного воздействия человека на природу региона, например, в курсе экологии или основ безопасности жизнедеятельности. Однако в этом разделе мы не говорим о том, как отдельный человек, например, школьник, может помочь снизить глобальное воздействие на климатическую систему.

Конкретным действиям, доступным каждому, посвящены пятый и шестой тематические разделы. В них рассматриваются сбережение тепла в зданиях и экономия электроэнергии. Ранее в первом тематическом разделе подчеркивается, что самым сильным воздействием человека на климатическую систему являются выбросы CO_2 , образующиеся при сжигании ископаемого топлива (угля, газа, нефтепродуктов) преимущественно для производства тепла и энергии. В пятом и шестом тематических разделах даются практические советы по сбережению тепла и электроэнергии, которыми могут следовать школьники.

Для лучшего понимания логической связи между материалами первого и пятого-шестого разделов мы подготовили справочные приложения 1 и 2. В приложении 1 дается подробная информация об источниках выбросов CO_2 и других газов, вызывающих парниковый эффект, которая может помочь читателю понять важную роль сбережения тепла и электроэнергии в снижении воздействия человека на климат. В приложении 2 приведена информация об углеродном и экологическом «следе» человечества. Она призвана облегчить понимание роли воздействия на климат в широком спектре всех видов нашего влияния на природу.

Учащиеся могут вести самостоятельные наблюдения за климатическими параметрами, а также выполнять более сложные

работы. Пример такой работы дан в приложении 3, где рассматриваются наблюдения за последствиями очень интересного явления — ледяного дождя. Подобные практические занятия могут быть частью изучения курсов географии, физики, биологии и других дисциплин.

Примеры конкретных действий по сбережению тепла и электроэнергии приводятся в приложении 4. Эти действия непосредственно связаны со знаниями, которые учащиеся получают в курсе физики, а расчеты требуют математических навыков. Поэтому материалы тематических разделов 5, 6 и приложений 1, 2 и 4 могут использоваться для практических занятий по физике и математике.

В приложении 5 дается примерная программа факультативного курса «Климат и энергосбережение» для учащихся 10–11-х классов общеобразовательных учреждений. Излагаются цели, задачи и ожидаемые результаты курса, его тематическое планирование.

В конце книги приведен список литературы и интернет-источников, которыми могут воспользоваться и педагоги, и учащиеся. Для удобства пользования он разделен на 2 части. В первой приведено около 10 главных источников (все на русском языке и с интернет-доступом), включая базовые материалы Росгидромета, во второй части собрано более 30 дополнительных источников.

ТЕМА 1

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

Изменение климата на планете

В наши дни об изменении климата говорят все — ученые, политики, бизнесмены. Об этом пишут в газетах и журналах, ведутся споры в Интернете, по телевидению выступают известные специалисты.

Понять суть проблемы нелегко, настолько противоположны взгляды и суждения. Потепление или похолодание? Какова причина изменения климата: деятельность человека или естественные процессы?¹

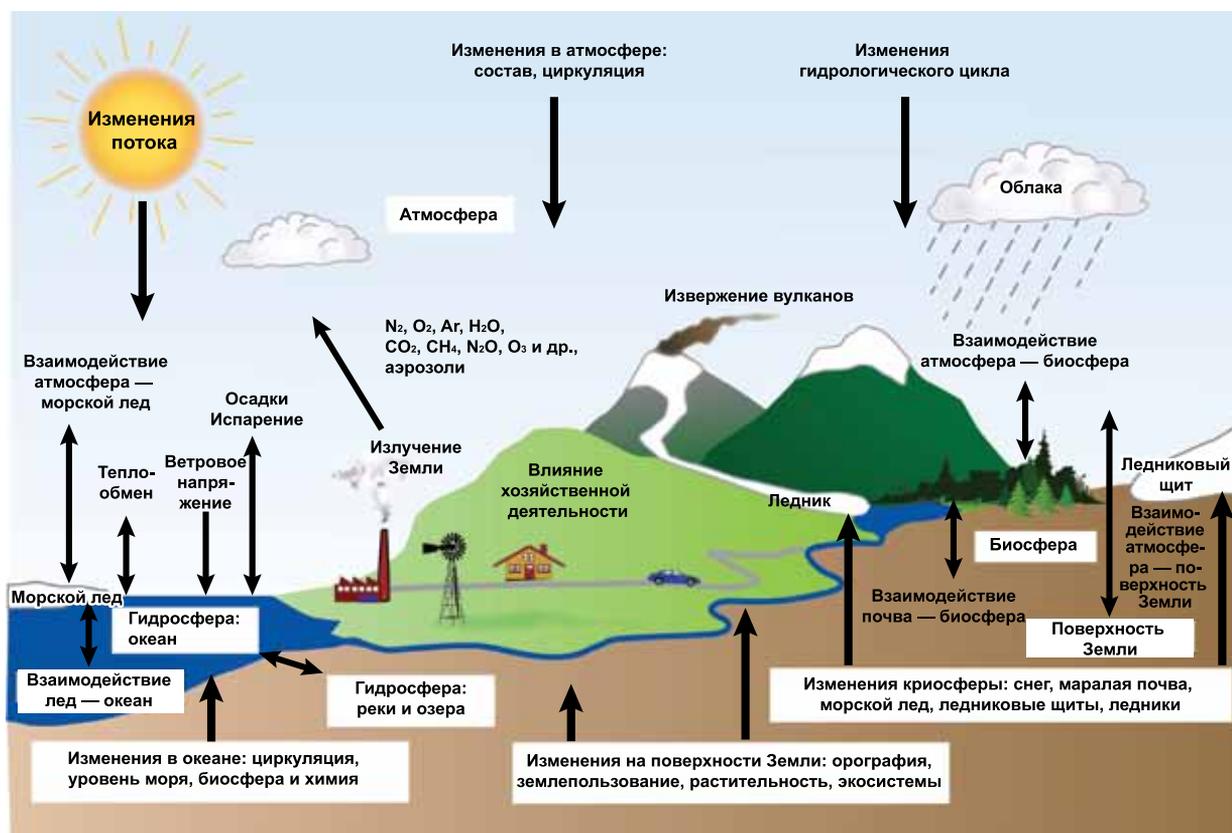


Рис. 1.1. Составляющие климатической системы, основные климатообразующие процессы и их взаимодействия

Источник: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 104, www.ipcc.ch

¹ Более детально см.: Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru>

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

Приведенная на рис. 1.1 схема климатической системы Земли показывает, что климат планеты формируется как Солнцем, так и всеми средами нашей планеты: атмосферой, гидросферой, биосферой, вулканами, ледовым покровом и т.д., которые находятся в постоянном взаимодействии. При этом на них все сильнее воздействует хозяйственная деятельность человека, которая изменяет саму поверхность Земли и загрязняет все окружающие нас среды.

Рассмотрение роли каждой из сред со всеми ее взаимодействиями с «соседями», вероятно, потребовало бы создания учебного курса, рассчитанного на несколько лет обучения. Поэтому в качестве первого опыта изложения предмета «изменение климата» ниже предлагается кратко рассмотреть лишь главные факторы, продвигаясь от прошлых геологических эпох к настоящему времени.

Климат менялся всегда

Климат на Земле изменялся во все времена, в том числе задолго до того, как свою роль в этом начала играть деятельность человека. В геологической истории Земли встречались и более теплые периоды, чем в последние миллионы лет. На рис. 1.2 показано, как сильно колебалась температура в разные геологические эпохи и как это соотносилось с покрытием суши льдом. Всемирная метеорологическая организация условилась отсчитывать изменения климата от средних значений за 1961–1990 годы, что показано на рисунке, поэтому можно сказать, что 500 млн лет назад было на 7 °С теплее, а 300 млн лет назад на 1 °С холоднее, чем в 60–90-е годы прошлого века. Покрытие суши льдом сильно понижало температуру на всей планете. Это установили по отметкам, которые лед оставляет на горных породах.

Кроме того, анализ геологических образцов, донных отложений океанов и других данных показывает, что теплые периоды совпадают с периодами высокого содержания CO_2 в атмосфере². Концентрации газов в атмосфере принято выражать в молярных долях, что означает, сколько молекул данного газа приходится на миллион молекул газовой смеси, образующей воздух. Сейчас в воздухе примерно 390 частей CO_2 на миллион (ppm³),

² IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. www.ipcc.ch.

³ В климатической литературе принято использовать английскую аббревиатуру: ppm — parts per million. ppm — единицы мольного состава газовой смеси или *отношение числа молей CO_2 на миллион молей* всех составляющих воздуха, что то же самое, что и число молекул газа на миллион молекул всех газов воздуха.



Рис. 1.2
Оценка изменения температуры на Земле за последние 500 млн лет (получено с помощью геохимических и биологических методов)

Подготовлено по данным IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 433–465, www.ipcc.ch

400 млн лет назад CO_2 было в 10 раз больше — несколько тысяч ppm, а 300 млн лет назад — лишь несколько сотен ppm.

Рассматривая причины столь сильных изменений климата за полмиллиарда лет, ученые анализируют всевозможные геологические, астрономические, биологические, геомагнитные и другие факторы. Говоря в целом о ситуации в течение сотен миллионов лет, нужно подчеркнуть главенствующую роль расположения суши относительно полюсов и экватора — тектонические процессы и дрейф континентов. Большую часть времени полярные районы были свободны от суши, там не накапливались ледниковые щиты, которые бы сильно отражали солнечное излучение. В результате в среднем было гораздо теплее, чем сейчас.

Более подробное рассмотрение последних 60 млн лет показывает, что нынешнее покрытие льдом Антарктиды началось примерно 40 млн лет назад, а оледенение Гренландии — менее 10 млн лет назад. Как видно на рис. 1.3, оба этих процесса сопровождались очень существенным снижением температуры, в результате чего она приблизилась к современному уровню. Вспомним, что, следуя правилам Всемирной метеорологической организации, изменения климата отсчитываются от ситуации,

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

наблюдавшейся в 1961–1990 годы. Поэтому можно сказать, что в последние миллионы лет жизни динозавров было на 8–10 °С теплее, чем в 1960–1990-е годы, а 52 млн лет назад, когда Индия соединилась с Евразией в один континент, было еще жарче — на 12 °С теплее, чем в во второй половине прошлого века.

В широких пределах менялась и концентрация CO₂: 40–60 млн лет назад она составляла от 300 до 1000 ppm, а в последние 20 млн лет — в среднем 200–400 ppm.

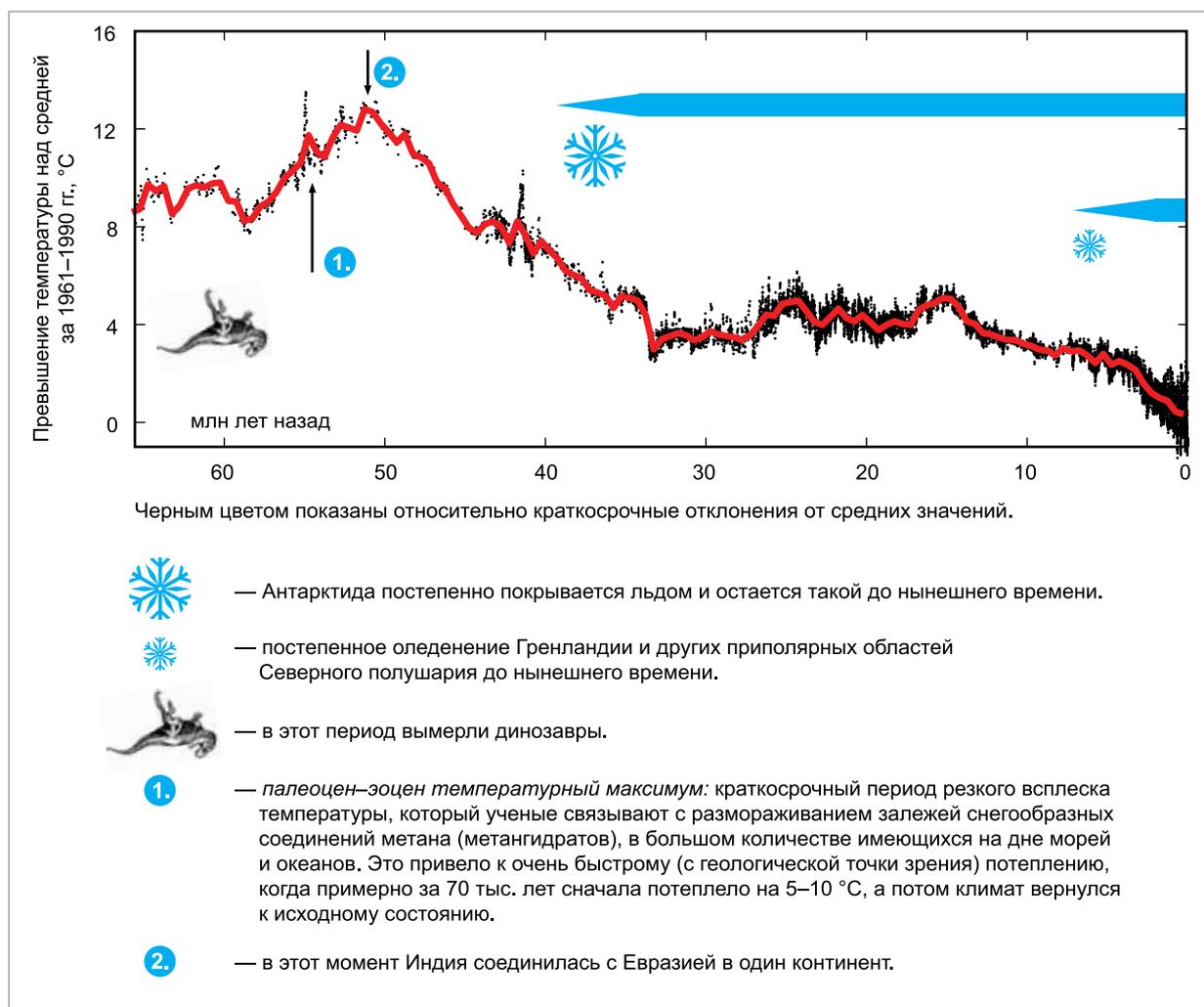


Рис. 1.3. Изменения температуры Мирового океана за последние 60 млн лет (оценка по содержанию изотопа кислорода-18 в глубоководных океанских отложениях)

Источник: <http://www.columbia.edu/~mhs119/TargetCO2/TargetFig3.pdf> детальное описание см. в Hansen, J. E., and Mki. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, André; Mesinger, Fedor; Sijacki, Djordje (Eds.) Springer, 2012, 270

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

Примерно 60 млн лет назад произошло хорошо известное и активно обсуждаемое вымирание динозавров. Выдвигаются разные причины — астрономические, например: падение гигантского метеорита в районе нынешнего Карибского моря, после чего некоторое время Земля была затенена пылью и для динозавров стало слишком холодно. Или биологические: та или иная конкуренция с более «совершенными» живыми организмами и т.п.

На рис. 1.3 также показан «резкий» всплеск температуры примерно 55 млн лет назад. Многие ученые объясняют его размораживанием метангидратов (снегообразных соединений метана, имеющих на дне морей и океанов). Метан — сильный парниковый газ, и его выбросы ведут к повышению температуры. Потепление было очень сильным. С одной стороны, в шкале миллионов лет оно было очень кратким, примерно 70 тыс. лет. С другой, 70 тыс. лет — очень длительный срок, если рассматривать его в масштабе XX–XXI веков. Потом все вернулось к состоянию, определяемому иными факторами, в частности, расположением континентов и оледенением суши.

Последние миллионы лет: радиационный баланс Земли

Основным фактором изменения климата в последние миллионы лет был и есть радиационный баланс Земли — разница между приходящим солнечным излучением и излучением нашей планеты в космос.

Радиационный баланс Земли постоянно менялся, но причины изменений были разные. Для каждого конкретного случая — ледниковых периодов, колебаний температуры в прошлом тысячелетии, нынешней ситуации — необходимо устанавливать свои причины. Есть три основных фактора изменения радиационного баланса Земли, показанные на рис. 1.4⁴.

1. Изменение поступающего солнечного излучения (инсоляции), связанное с изменением орбиты Земли и/или светимостью Солнца.

2. Изменение альбедо — доли солнечного излучения, которое отражается Землей обратно в космос. Альбедо зависит от многих факторов, например, от того, какая часть планеты покрыта белым

⁴ IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. www.ipcc.ch.



Рис. 1.4
Радиационный баланс Земли и парниковый эффект

Источник: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 115, www.ipcc.ch

снегом и льдом; от загрязнения атмосферы и облачного покрова мелкими твердыми и жидкими частицами (аэрозолями). Такие частицы выбрасывают вулканы, создают пыльные бури, но в наше время очень велико влияние человека, выбрасывающего в атмосферу пыль, сажу и другие частицы. Особенно заметно такое влияние, когда частицы сажи оседают на белый снег или лед, уменьшая альбедо. Облачный покров также отражает солнечное излучение. Здесь существенно и количество облаков, и степень их белизны (насколько они загрязнены пылью, сажой, морской солью и т.п.).

На альбедо также влияют отмеченные выше тектонические процессы и дрейф континентов, но это очень медленные процессы, влияние которых велико только при рассмотрении миллионов лет. Сотни миллионов лет назад на Земле были периоды, в которые Антарктида была свободна ото льда. Она была темной и отражала мало солнечного света, что влияло на климат в сторону

потепления. Если бы сейчас на месте Антарктиды был океан, ледовый покров Земли в целом был бы меньше и климат теплее. Если бы суша (а это всего 30% поверхности планеты) концентрировалась на полюсах, то площадь оледенения планеты была бы больше, а климат — гораздо холоднее.

3. Изменение инфракрасной радиации, излучаемой Землей обратно в космос. Наша планета, как всякое нагретое тело, излучает инфракрасную радиацию. Только около 10% этой радиации уходит в космос, остальные 90% поглощают газы, составляющие атмосферу Земли. Данный эффект был описан учеными еще в начале XIX века, при этом была подмечена аналогия с парником, пленка которого пропускает солнечный свет, но не выпускает тепло (инфракрасное излучение, испускаемое грядками). Поэтому сам эффект был назван парниковым, а соответствующие газы — парниковыми. Главные составляющие атмосферы Земли, азот и кислород, инфракрасное излучение не поглощают, таковы свойства их молекул. Поглощает тепловое излучение Земли в основном водяной пар; за ним идут углекислый газ, метан, а в последние годы добавились новые газы, созданные человеком: фреоны, фторсодержащие углеводороды, гексафторид серы и т. д.

Парниковый эффект очень важен для нашей планеты, без него средняя температура воздуха у поверхности Земли была бы не примерно +14 (как сейчас), а -19 °C, и жизнь была бы очень затруднительна. Иногда спрашивают, не грозит ли планете «парниковая катастрофа», не превратится ли Земля в Венеру, плотно покрытую облаками и очень жаркую. Этого не произойдет, так как особенности поглощения инфракрасного излучения Земли таковы, что даже очень сильный рост содержания водяного пара и CO_2 не приведет к росту парникового эффекта выше определенного предела. Поэтому жизни на планете катастрофа не угрожает, хотя изменения могут быть очень большими.

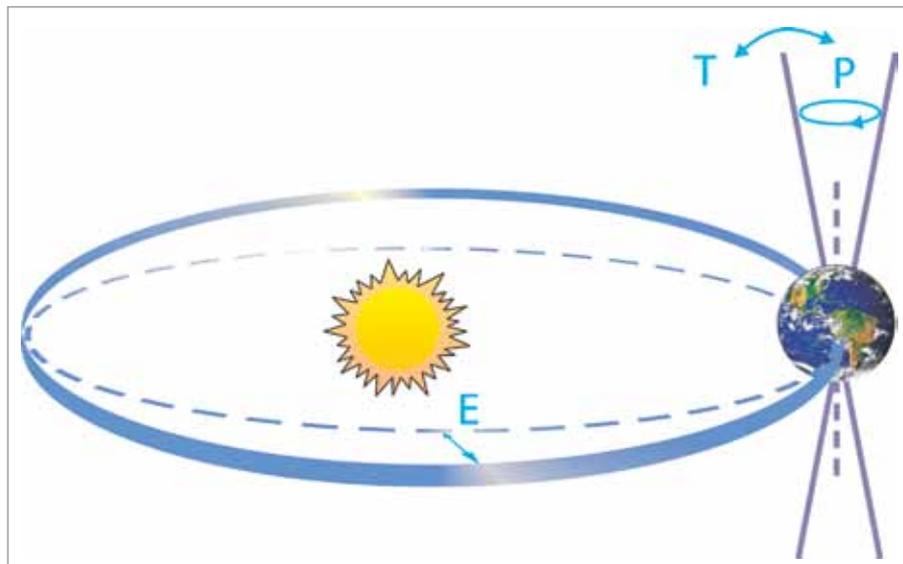
Сейчас речь идет о том, что человек усилил парниковый эффект, хотя и не сильно, на несколько процентов, но существенно. Человек повысил содержание в атмосфере CO_2 и метана (а также пыли, сажи и других веществ). По мнению ученых, даже усиление парникового эффекта на 2–3 °C приведет к большим проблемам, ведь, как будет показано ниже, это не плавное и приятное потепление, а рост неустойчивости — «экстремальности» — климата⁵.

⁵ Более детально см.: Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru>; IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. www.ipcc.ch

Сотни тысяч лет: ледниковые периоды

Главная причина изменения климата в последние сотни тысяч лет — изменение орбиты Земли, ответственное за приход и уход ледниковых периодов длительностью в десятки тысяч лет (рис. 1.5⁶).

Рис. 1.5
Изменения орбиты Земли (циклы Миланковича), которые определяют наступление ледниковых периодов. *T* — изменения наклона (наклонения) оси Земли; *E* — изменения эксцентриситета орбиты (степени ее отклонения от круга, эксцентриситет круговой орбиты равен нулю); *P* — прецессия, то есть круговое изменение направления оси вращения планеты



Прецессия с периодичностью 19–23 тыс. лет смещает сезоны, то есть сильно изменяет широтное и сезонное распределение солнечной инсоляции.

Наклон (наклонение) оси Земли колеблется между 22° и $24,5^\circ$ (сейчас $23,5^\circ$) с двумя близкими периодами длительностью около 41 тыс. лет. Наклон орбиты не влияет на общую инсоляцию, но чем он больше, тем сильнее в высоких широтах разница между теплым и холодным сезонами.

Эксцентриситет орбиты вращения Земли вокруг Солнца имеет более длительные периоды: примерно 400 и 100 тыс. лет. Сами по себе они оказывают незначительное влияние, так как в целом изменения в расстоянии между Солнцем и Землей малы, однако они взаимодействуют с сезонными эффектами. Когда эксцентриситет мал (орбита Земли близка к круговой), как это было около 400 тыс. лет назад и будет в течение следующих 100 тыс. лет,

Источник: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 449, www.ipcc.ch

⁶ Более детально см. IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. www.ipcc.ch

сезонные изменения инсоляции, вызванные прецессией, меньше, чем когда эксцентриситет больше (орбита Земли — более вытянутый эллипс).

Последний миллион лет ледниковые периоды инициируются минимумами летней инсоляции в высоких широтах Северного полушария, когда выпавший зимой снег сохраняется весь год и, накапливаясь, превращается в ледниковые щиты Северного полушария. Белый снег и лед отражают солнечное излучение, и становится еще холоднее. При этом уровень океана может падать почти на 100 м⁷. Именно в такой период древние люди перешли из Евразии в Америку, вероятно, в основном по суше, а частично — по узкому проливу, покрытому льдом.

Воздействие ледниковых периодов на Евразию, приход и уход ледников и изменение растительного покрова рассмотрены ниже, в теме «Лес и климат». С другой стороны, Южное полушарие мало подвергалось воздействию ледниковых периодов. Антарктида в последние миллионы лет была постоянно покрыта льдом и снегом, а изменения орбиты Земли слишком слабы, чтобы это изменить.

Углекислый газ тоже играет важную роль в ледниковых периодах, хотя и не является их причиной. В Антарктиде ученые сумели отобрать пробы льда по всей толщине ледникового щита, а это почти 4 км, или около миллиона лет накопления снега. В превратившемся в лед снеге остались пузырьки воздуха, которые можно проанализировать и определить состав воздуха в течение сотен тысяч лет. Концентрация CO₂ в холодные ледниковые времена была низкой — 160–190 ppm, а в теплые межледниковые периоды — высокой, до 300 ppm. По анализу изотопов кислорода ученые восстановили температуру прошлого: в последний миллион лет на нашей планете временами было теплее, чем сейчас.

Приходы ледниковых периодов и теплые межледниковые времена видны как периодические минимумы и максимумы всех параметров (температуры, концентраций CO₂, CH₄, уровня океана) на рис. 1.6.

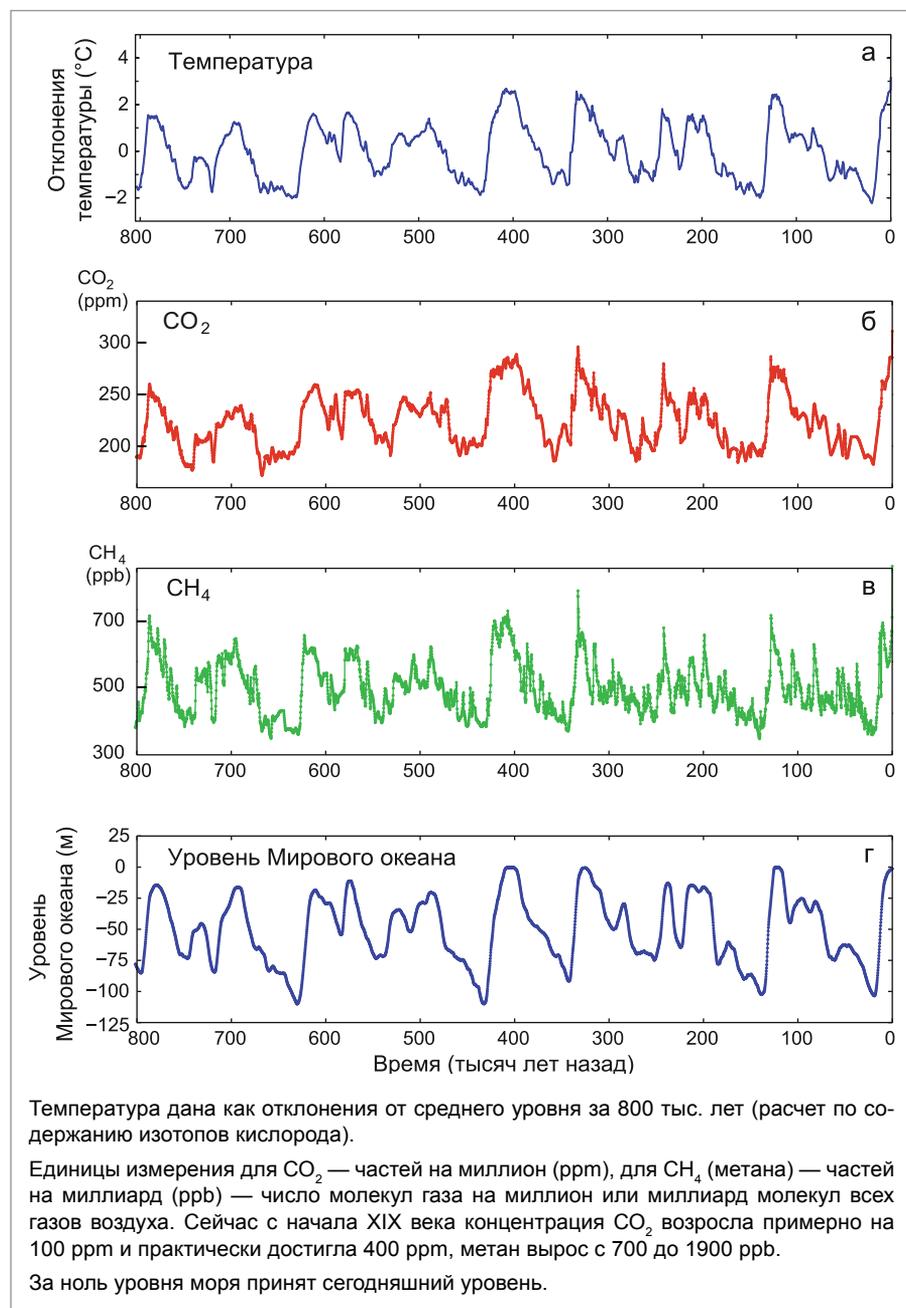
⁷ Hansen, J. E., and Mki. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, André; Mesinger, Fedor; Sijacki, Djordje (Eds.) Springer, 2012, 270 pp. <http://www.springer.com/environment/global+change+-+climate+change/book/978-3-7091-0972-4>; Rahmstorf, S., 2007: A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, *Science*, 315, 368-370; Hansen, J. E., 2007: Scientific reticence and sea level rise. *Environ. Res. Lett.*, 2, 024002 (6 pp.)

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

Содержание CO_2 в атмосфере следует за температурными изменениями в Антарктиде с запаздыванием на несколько столетий. Так, биосфера Земли реагирует на изменение температуры. При этом во время нескольких тысяч лет в начале и в конце ледникового периода CO_2 ускоряет этот процесс. Когда становится холоднее, содержание CO_2 падает, ослабляется парниковый эффект и становится еще холоднее. В конце ледникового периода

Рис. 1.6
Температура, концентрации CO_2 и метана, уровень Мирового океана за последние 800 тыс. лет

Источник: Hansen, J. E., and Mki. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, André; Mesinger, Fedor; Sijacki, Djordje (Eds.) Springer, 2012, 270 pp. <http://www.springer.com/environment/global+change++climate+change/book/978-3-7091-0972-4>



ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

да становится теплее, концентрация CO_2 в атмосфере больше, и температура растет быстрее за счет усиления парникового эффекта.

Последний ледниковый период начался примерно 110, а закончился 13 тыс. лет назад. Более подробно его ход, а также динамика климата 20–5 тыс. лет назад рассмотрены ниже в тематическом разделе «Лес и климат». Там анализируется, как колебания температуры влияли на растительность, и приведены карты ее распределения в разные тысячелетия.

Примерно 5–7 тыс. лет назад климат был несколько более теплым и влажным, чем сейчас, — был пройден пик межледниковья (так называемый оптимум голоцена). Вероятно, такие условия были благоприятны для древнего человека и развития цивилизации, но заметим, что теперь у человека иные экономические условия, иная численность и расселение по планете, иная продолжительность и стандарты жизни. Поэтому было бы ошибочно думать, что «аналогичное» потепление на пару градусов будет благом и для нашей современной цивилизации. Затем около 5 тыс. лет назад климат постепенно похолодал и стал близок к современному.

Сейчас мы находимся в теплом межледниковом периоде и медленно движемся к следующему ледниковому периоду, который наступит через несколько десятков тысяч лет. Более точно определить время сильного похолодания пока не удастся, но большинство ученых полагает, что у нас еще есть как минимум 20 тыс. лет. Поэтому рассматривая ниже климат последнего тысячелетия, а затем прошлого и нынешнего столетий, мы пока можем «забыть» об орбите Земли и ледниковых периодах и обратить внимание на иные факторы: океанские циклы, вулканы и Солнце.

Естественные изменения климата в последние столетия: океанские циклы, вулканы и Солнце

Факторы, которые обусловили изменения климата в последние сотни лет, конечно, действовали всегда. Однако для более далеких времен у нас не хватает данных, чтобы отследить их относительно небольшое и краткосрочное влияние. Как было сказано выше, ученые определили, насколько климат 5–6 тыс. лет до нашей эры отличался от климата 13–14 тыс. лет назад. Но они

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

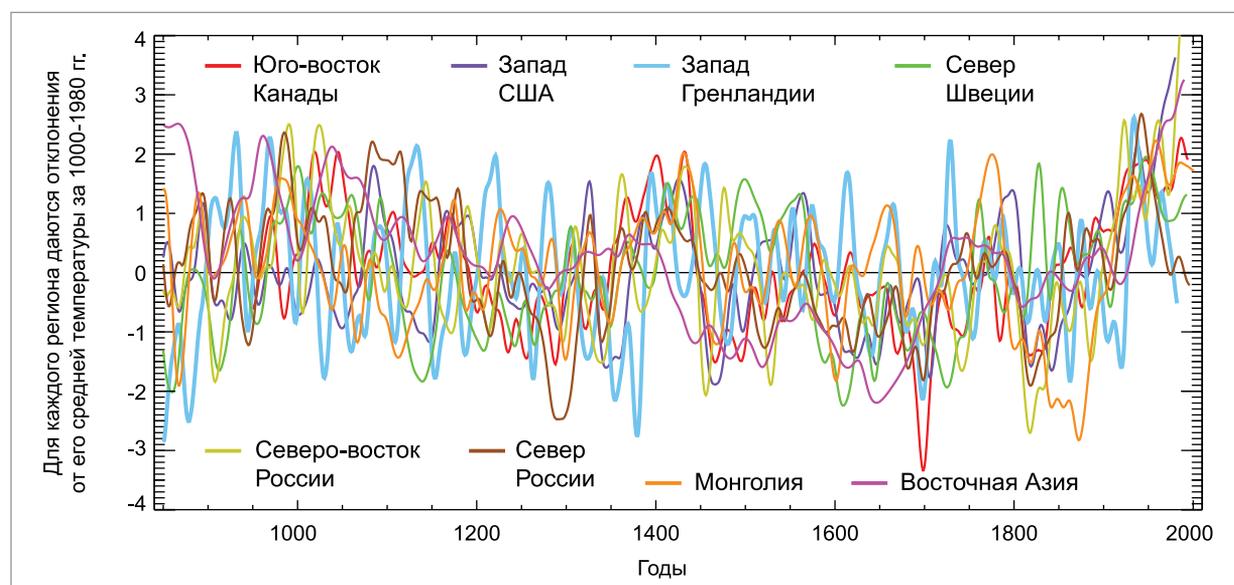
не могут сказать, чем климат, например, 5100-х годов до нашей эры отличался от климата 5300-х годов. Изменения, конечно, были, но какие конкретно, сказать нельзя. Можно лишь утверждать, что они были относительно краткосрочными и небольшими, гораздо меньшими, чем вариации климата, которые мы видели при рассмотрении климатической истории Земли за сотни тысяч и миллионы лет.

За последнюю тысячу лет есть гораздо больше данных. Конечно, прямые измерения температуры начались только в XVIII веке, но есть косвенные методы, которые уже хорошо проработаны и признаны учеными как надежные. Один из основных — дендрохронология: определение изменений температуры по ширине колец ежегодного прироста древесины. Кроме очень старых деревьев, в распоряжении ученых немало остатков деревянных строений, где есть очень старые бревна. Другие методы основаны на анализе растительного покрова, а также донных отложений различных водоемов. В результате для ряда регионов удается проследить вариации температуры за последние примерно 1200 лет, но не более (рис. 1.7).

Рис. 1.7
Вариации температуры в различных регионах мира за последние 1000 лет (оценка по косвенным данным о растительном покрове, годичным кольцам деревьев и другим источникам)

Источник: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. p. 468, www.ipcc.ch

Пока нельзя сказать, что о причинах изменений климата известно все. Уровень знаний растет, но при этом оценка роли различных факторов может меняться. Десять лет назад многие ученые главным фактором последнего тысячелетия называли вариации солнечной активности. Однако исследования последних лет выявили наличие очень мощных, но не связанных с Солнцем



вариаций с периодом в несколько десятков лет, которые обычно называют океанскими циклами. Собственно, другого названия быть и не может, так как почти вся энергия климатической системы Земли сосредоточена именно в океане. В долгосрочных колебаниях атмосферные процессы могут серьезно влиять на климат, только если в них участвует океан.

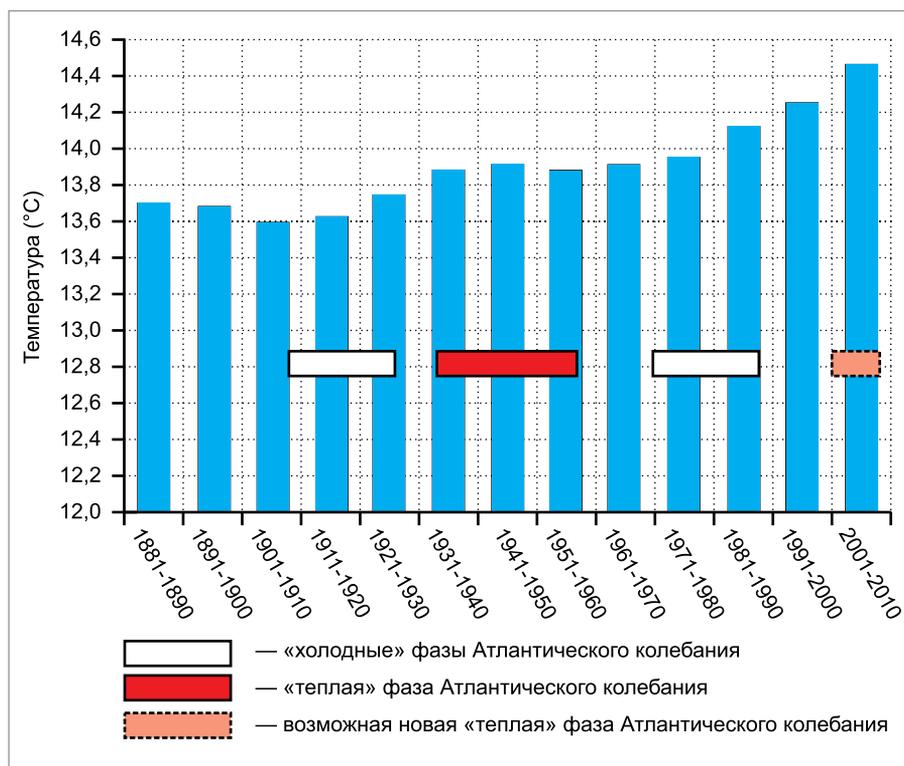
Океанские циклы. Сейчас активно исследуются физические механизмы, которые могут приводить к циклическим изменениям в океане с периодом от 1–2 до ста и более лет. Картина очень непростая — идет единая циркуляция поверхностных и глубинных вод и их взаимодействие с атмосферой. Океанские течения объединены в огромный планетарный конвейер, причем трехмерный — есть поверхностные течения, а есть глубинные. В одних частях конвейера движение вод может быть более быстрым, а в других очень медленным, но охватывающим огромные массы воды. Теперь представим себе, что движение и температура различных частей этого конвейера могут «пульсировать». Когда чуть теплее поверхностные воды — над ними теплее атмосфера, когда чуть теплее глубинные воды — атмосфера холоднее. Энергия как бы «перетекает» из глубин на поверхность и обратно, из одной части океана или атмосферы в другую и «возвращается» назад, причем это может занимать десятки лет, но общее количество энергии остается практически неизменным. Одним из механизмов превращения непрерывного движения в циклический процесс может являться конвекция, которая из-за вязкости воды возникает только при определенной разнице в плотности воды, зависящей от ее температуры и солености. До этого температура глубинных вод может медленно нарастать, но конвекции не будет. Когда же разница достигнет определенного предела, начнется быстрое конвективное движение.

Ученые выявляют и изучают многолетние колебания океана и атмосферы по всему земному шару. Приведем только два примера. Для Атлантики характерны вариации с периодом примерно в 60–70 лет (рис. 1.8). Такие вариации сильно влияют на местный климат, в частности, на температуру в западной Гренландии (голубая линия на рис. 1.7). Вероятно поэтому, когда викинги ее открыли и назвали «Зеленой землей», там было относительно тепло, а в Швеции могло быть холодно, что только усилило контраст. Однако возможно и влияние океанских вариаций в глобальном масштабе (рис. 1.8).

Попробуем на примере вариаций в Атлантике (так называемого Атлантического мультидекадного колебания) сопоставить

Рис. 1.8
Рост глобальной приземной температуры воздуха в последние 130 лет и его примерное сопоставление с «теплыми» и «холодными» фазами Атлантического мультideкадного колебания

Источник: По данным: Росгидромет «Изменение климата» вып. 34, май 2012 г. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru. Названия фаз Атлантического колебания даны условно и приведены в кавычках. Данное явление описывается специальным индексом (AMO — Atlantic Multidecadal Oscillation Index). Периоды его роста условно названы здесь «холодными» фазами, а периоды, когда индекс постоянен и относительно высок — «теплыми». Источник данных об AMO: База данных US NOAA Earth System Research Laboratory, имеется в открытом доступе на сайте. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>



фазы данного цикла и изменения глобальной температуры воздуха (см. рис. 1.8). В XX веке «теплая» фаза данного колебания пришлась на 1930–1960 годы, а «холодные» фазы — на 1905–1925 годы и 1970–1990 годы. После этого, вероятно, с конца 1990-х началась «теплая» фаза (слова «теплая» и «холодная» специально даны в кавычках, см. подпись под рис. 1.8). Точного периода у этих циклических колебаний нет и изучены они слабо. Кроме того, на 1930-е годы пришелся максимум солнечной активности. Поэтому на основании этих колебаний нельзя сказать, какие десятилетия XXI века будут холоднее, а какие теплее. Однако даже поверхностное сопоставление, показанное на рис. 1.8, говорит о том, что, возможно, эти океанские колебания существенно влияют на климат Земли.

Десятилетний период 2001–2010 годов стал самым теплым с начала инструментальных измерений температуры — с 1850 года⁸. Однако внутри данного десятилетия рост температуры не прослеживается: нельзя сказать, что 2006–2010 годы были теплее, чем 2001–2005 годы (см. ниже рис. 1.14). Возможно, это действие циклических океанских процессов.

⁸ Росгидромет «Изменение климата», вып. 34, май 2012 г. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru

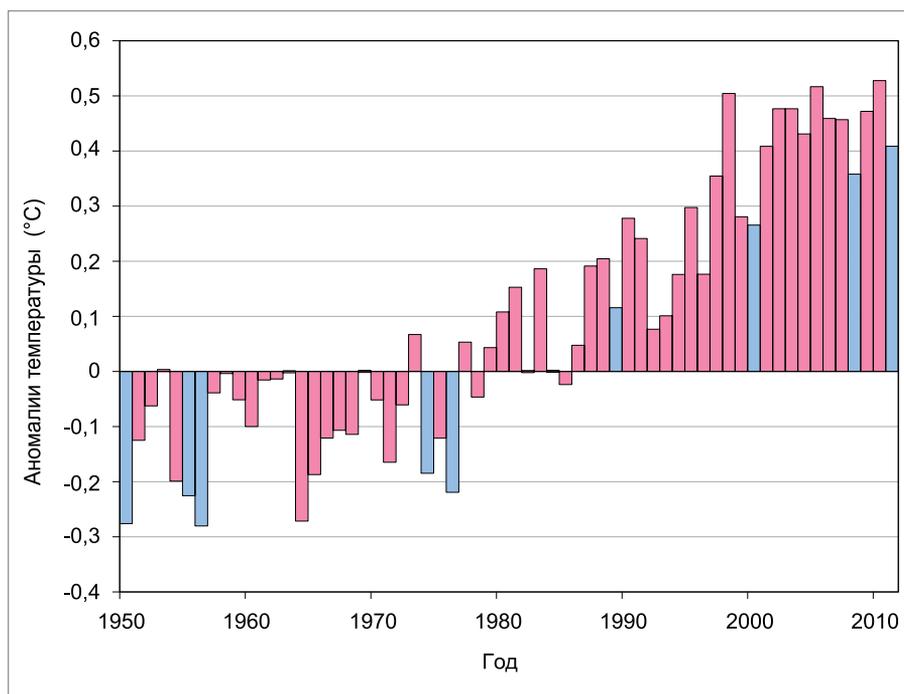


Рис. 1.9
Отклонения глобальной средней приземной температуры воздуха от средней за 1961–1990 годы. Синим цветом показаны случаи, когда на начало года температура вод в центральной и восточной частях Тихого океана была на 1,5–2 °С ниже средней (определенная фаза Южной осцилляции)

Источник: Всемирная метеорологическая организация (Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2011 г. на русском языке) http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1085_ru.pdf

Другой пример: воздействие на температуру воздуха на планете океанского явления Эль-Ниньо, или Южной осцилляции⁹. Оно проявляется на огромной территории в южной части Тихого океана, от Индонезии до Южной Америки. Физическая природа явления очень сложна и еще далеко не до конца изучена. Схематически можно сказать, что очень теплая вода, сосредоточенная в 100–200-метровом слое в центральной части Тихого океана, «вдруг» тонким слоем начинает растекаться по поверхности океана, охватывая огромную площадь. Обычно холодные воды у берегов Перу вдруг сменяются более теплыми, очень сухая погода сменяется ливнями и т. д. Действие Эль-Ниньо очень заметно на всей планете. Именно с ним ученые связывают то, что 2011 год на планете был холоднее, чем 2009 и 2010 годы. На рис. 1.9 синим цветом выделены годы, когда Южная осцилляция была в определенной фазе своего циклического развития. В частности, когда на

⁹ Эль-Ниньо (по испански *El Niño* — Малыш, Мальчик), или Южная осцилляция — колебание температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана, имеющее заметное влияние на климат. В более узком смысле Эль-Ниньо — фаза Южной осцилляции, в которой область нагретых приповерхностных вод смещается к востоку. При этом ослабевают или вообще прекращаются пассаты, замедляется подъем глубинных вод в восточной части Тихого океана, у берегов Перу. Противоположная фаза осцилляции называется Ла-Нинья (*La Niña* — Малышка, Девочка). Характерное время осцилляции — от 3 до 8 лет, однако сила и продолжительность Эль-Ниньо сильно варьируются.

начало года температура поверхностного слоя воды в центральной и восточной частях экваториальной зоны Тихого океана была на 1,5–2 °С ниже среднего значения за 1961–1990 годы. В такие годы на всей планете было холоднее.

Роль вулканов в формировании климата очень важна, но краткосрочна. После извержений с выносом большого количества пепла и других частиц в стратосферу (если частицы не достигают стратосферы, то они быстро оседают) Земля на один-три года затеняется и температура на всей планете опускается примерно на 0,2–0,4 °С, что очень существенно. Например, в 1991 году после извержения вулкана Пенатубо охлаждающее действие выброшенных им частиц было почти в два раза больше, чем нагревающее действие CO₂, поступающего от всех источников на планете. Потом частицы оседают и климатическая система «забывает» об извержении. Заметим, что такие извержения случаются редко, за последние десятилетия они были только в 1963 (Агунг), 1982 (Эль-Чичон) и 1991 (Пенатубо) годах. Недавние извержения в Исландии и в других регионах стратосферу не затронули и на климат не повлияли.

Еще одна причина климатических изменений — вариации солнечного излучения. Известен 11-летний солнечный цикл. Наблюдения за Солнцем, начатые еще в XVII столетии, также позволяют проследить 40–45-, 60–70-, 100- и 200-летнюю изменчивость. При этом поток приходящей от Солнца энергии меняется слабо, но есть более сложные эффекты, которые тоже могут воздействовать на климат. Исследуется влияние Солнца на содержание в атмосфере озона (который является парниковым газом, хотя его вклад в общий парниковый эффект очень невелик); влияние на стратосферные облака (в ясную погоду от их количества зависят ночные температуры). С другой стороны, изучение влияния Солнца и других космических факторов на геомагнитные явления не выявило климатических эффектов.

Известен Маундеровский минимум солнечной активности (примерно 1640–1715 годы), когда было несколько холоднее, и это можно заметить на рис. 1.7. Повлияло Солнце на климат и в XX веке, в конце 1930-х годов был пик солнечной активности, а в Арктике льдов было относительно немного. Более слабый, но все же заметный максимум 200-летнего цикла Солнца был отмечен в 1980–1990-е годы. А восходящая ветвь 11-летнего цикла пришлась примерно на 1997–2003 годы. Тогда в прессе можно было прочесть, что потепление на Земле вызвано активностью Солнца. Климатологи с этим не соглашались, что затем получило

подтверждение — потепление растёт, хотя активность Солнца идет на убыль. Поэтому можно услышать утверждения о похолодании в самое ближайшее время. Так и могло бы быть, если бы не вмешательство других факторов, гораздо более сильных. Это, вероятно, указанные выше естественные океанские циклы и, главное, усиление парникового эффекта из-за роста концентрации в атмосфере CO_2 , метана и других парниковых газов антропогенного происхождения, о чем пойдет речь ниже.

Заметим, тот факт, что естественные факторы вызывали изменения климата в прошлом, не означает, что нынешнее изменение климата также вызвано естественными причинами¹⁰. Аналогичным образом то, что лесные пожары с давних пор вызываются естественными причинами, например ударами молний, не означает, что пожары не могут быть вызваны беспечностью человека.

Главная климатическая особенность последних десятилетий

Теплые дни зимой, выпадающий только в январе снег, наводнения и засухи бывали и во времена А. С. Пушкина¹¹, и даже, как мы видели выше, когда викинги около 1000 лет назад открыли Гренландию. Но никогда в истории человечества не было ни столь высокой концентрации CO_2 в атмосфере, ни столь резкого ее роста, наблюдаемого с 1960–1980-х годов. Именно это является главной климатической особенностью последних десятилетий.

По записям температуры приземного слоя воздуха, в частности, за XX век почти ничего нельзя сказать о нынешнем изменении климата — подобно тому, как только по кашлю нельзя точно определить заболевание: это может быть грипп, бронхит или туберкулез. В 1930-е годы во время экспедиции «Челюскина» в Арктике тоже было теплее, чем в XX веке в целом. Но существенного роста концентрации CO_2 в атмосфере тогда еще не наблюдалось, а рост температуры был и в тропосфере, и в стратосфере. Это был равномерный прогрев всего атмосферного столба. Сейчас прогрев отмечается только в тропосфере, а выше, в стратосфере, идет охлаждение.

¹⁰ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igse.ru> (см. главу 6 тома 1 данного доклада «Антропогенный вклад в изменение климата»).

¹¹ А. С. Пушкин. Евгений Онегин. *«Снег выпал только в январе. На третье в ночь. Проснувшись рано, В окно увидела Татьяна, Поутру побелевший двор, Куртины, кровли и забор, На стеклах легкие узоры, Деревья в зимнем серебре, Сорок веселых на дворе, И мягко устланные горы Зимы блистательным ковром».*

Проблема антропогенного изменения климата кроется в изменении химического и физического состава атмосферы, а не в росте температуры. Непосредственно человек почти не воздействует на климатическую систему, но загрязняет атмосферу пылью, сажой, увеличивает концентрацию CO_2 и метана, выбрасывает новые синтезированные парниковые газы, вырубают леса и изменяет альбедо, летает на самолетах и увеличивает количество перистых облаков и т.п. Эти воздействия могут как нагревать планету (как выбросы CO_2 , метана, N_2O и других парниковых газов, сажи), так и охлаждать (как загрязнение атмосферы аэрозолями). Ученые детально рассматривают все виды воздействий и сводят их к общему знаменателю — прогреву или охлаждению атмосферы в виде потока энергии в $\text{Вт}/\text{м}^2$ в секунду. Все потоки энергии — приход от Солнца, поглощение, отражение и излучение атмосферой, поверхностью Земли и облачным покровом, затраты на испарение и скрытая теплота конденсации — составляют ее глобальный баланс. Расчеты показали, что для планеты в целом самым главным и сильным воздействием человека сейчас является повышение концентрации CO_2 ¹². Поэтому ниже рассматривается прежде всего CO_2 .

Конечно, человек может и непосредственно прогревать атмосферу — сжигать топливо и нагревать окружающую среду. Наглядный пример этого — «тепловые острова» городов, в которых температура может повышаться более чем на 5°C по сравнению с температурой за границей города. Но в глобальном масштабе это очень маленькое воздействие, не оказывающее влияния на климат планеты или даже области или края.

Еще раз подчеркнем, что учеными анализируются все возможные факторы, в том числе геологические и геомагнитные, в частности, вулканическая активность как прямой источник тепла и CO_2 ; наличие космической пыли и космического излучения, но они не считаются существенным фактором современных изменений климата¹³.

Концентрацию CO_2 легко измерить, и такие наблюдения ведутся примерно на 300 станциях по всему миру. Но конкретное место в данном случае не важно: CO_2 хорошо перемешивается

¹² Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации». М.: Росгидромет, 2008 г. Баланс энергии — см. том 1, с. 10; роль различных воздействий — см. том 1, с. 95. <http://climate2008.igce.ru>

¹³ Подробные пояснения см. Бюллетень Росгидромета «Изменение климата». Вып. 34, май 2012 г. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru

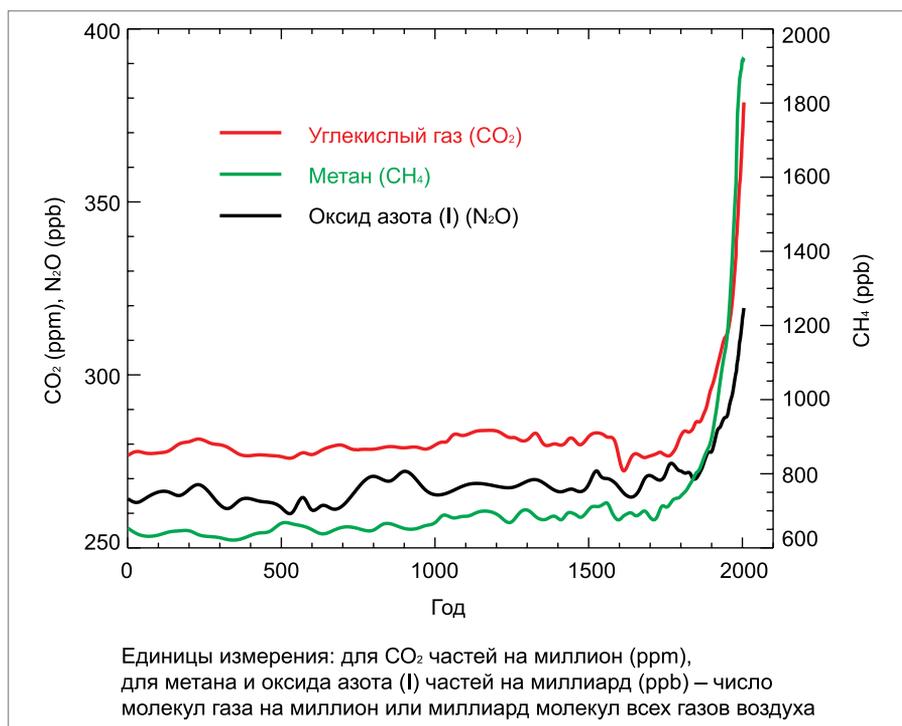


Рис. 1.10
Концентрации парниковых газов за последние 2000 лет

Источник: IPCC 4AR, vol. 1, Climate Change 2007. The Physical Science Basis. На русском языке см. Изменение климата, 2007 г. Физическая научная основа. стр. 111, www.ipcc.ch

в атмосфере, и рост концентрации практически одинаков по всему миру (рис. 1.10). Глобальный рост концентрации CO₂ зависит не от локальных выбросов, а от выбросов во всем мире. Также быстро растут концентрации CH₄ и N₂O, что также обусловлено деятельностью человека. Метан поступает в атмосферу от добычи природного газа, от домашних животных и с рисовых полей. Оксид азота (I) — при внесении в почву азотных удобрений (см. приложение 1).

Рассмотрим глобальный круговорот CO₂. Его можно представить как две огромные петли (темно-синие петли на рис. 1.11). Правая — газообмен атмосферы с наземной биотой, а левая — ее газообмен с океаном. Восходящая ветвь первой петли (эмиссия CO₂ в атмосферу) — это дыхание растений и животных, почвенных организмов, разложение органического вещества. Нисходящая ветвь (поглощение CO₂ из атмосферы) — фотосинтез наземных растений. Вторая петля — физический процесс газообмена океана с атмосферой, который тесно связан с третьей петлей (светло-голубая петля на рис. 1.11), которая находится уже в океане. Это дыхание и фотосинтез фитопланктона.

Когда человек начал добывать уголь, а потом нефть и газ, он вмешался в круговорот CO₂. Поясним это на примере угля (сжигание газа, нефтепродуктов и торфа, а также уничтожение лесов

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

в принципе действуют так же). Миллионы лет назад уголь образовался из растительных остатков. Тем самым тогда из атмосферы был изъят CO_2 (при росте и фотосинтезе растений) и помещен под землю в виде угля. Теперь человек достает его обратно и, сжигая, возвращает CO_2 в атмосферу. Казалось бы, ничего страшного — это круговорот. Но человек за год сжигает столько угля, сколько его образовывалось за сотни тысяч и миллионы лет. Поэтому баланса нет, а есть несбалансированный природными процессами выброс CO_2 в атмосферу (красные стрелки на рис. 1.11).

Но почему мы говорим, что рост CO_2 в атмосфере вызван именно человеком? Ведь биота дышит, потоки CO_2 между на-

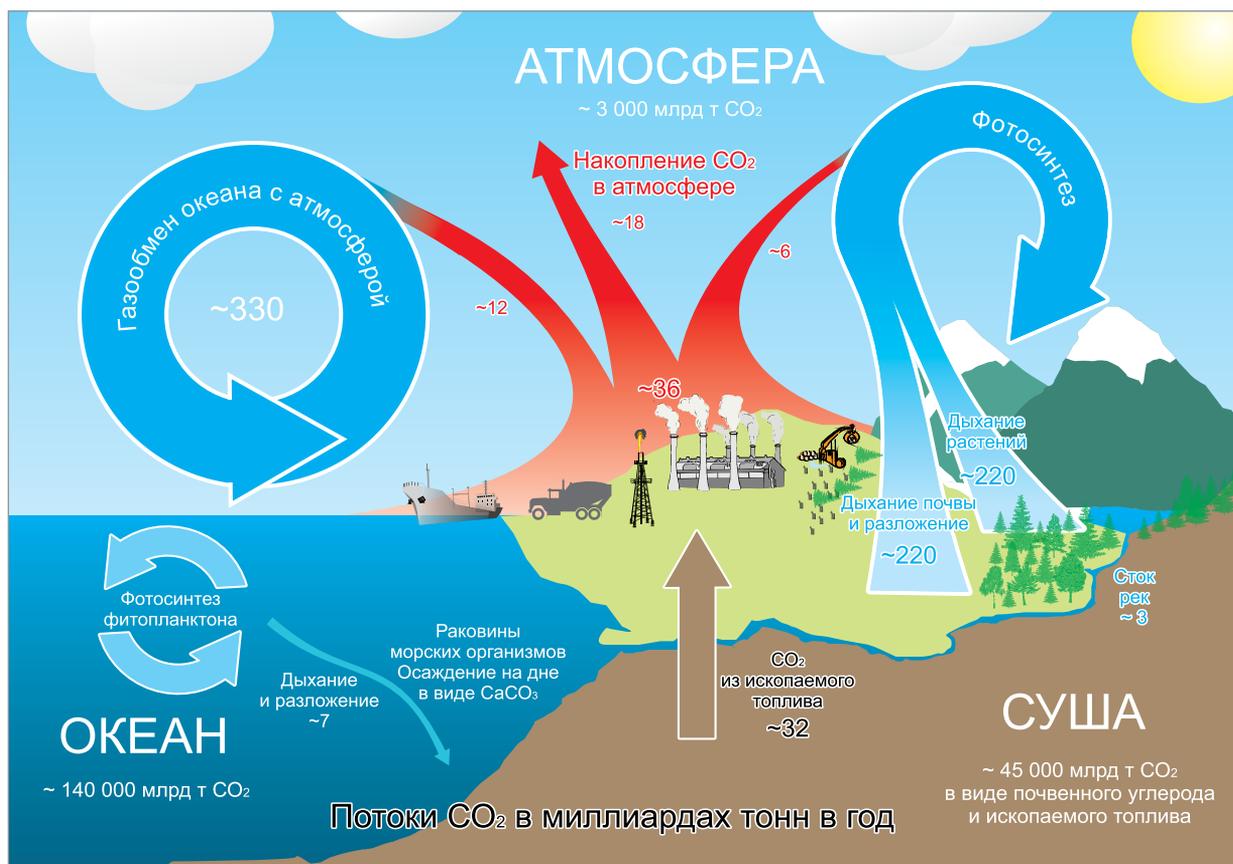


Рис. 1.11. Круговорот CO_2 в природе

По данным: Land Use, Land-Use Change and Forestry, IPCC, 2000 — Robert T. Watson, Ian R. Noble, Bert Bolin, N. H. Ravindranath, David J. Verardo and David J. Dokken (Eds.), Cambridge University Press, UK. pp 375. http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/land_use/index.php?idp=19; P. Falkowski et al. The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System. Science 13 October 2000: Vol. 290 no. 5490 pp. 291–296 DOI: 10.1126/science.290.5490.291 <http://www.sciencemag.org/content/290/5490/291>; NASA Earth Observatory. The Carbon Cycle, 2011. <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/CarbonCycle/>; данные о выбросах энергетики и промышленности за 2011 г. Trends in global CO₂ emissions, 2012 report, EC Joint Research Center, PBL Netherlands. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

земными экосистемами, атмосферой и океаном огромны — в 20 и более раз больше, чем поток CO_2 от сжигания ископаемого топлива (см. рис. 1.11). Может быть, эти огромные потоки как-то меняются естественным образом и это приводит к росту концентрации CO_2 в атмосфере. Почему виноват человек? На это четко указывает анализ корреляции между антропогенными выбросами CO_2 , изменением соотношения изотопов углерода (C^{12} и C^{13}) и ростом общего содержания CO_2 в атмосфере. Тот CO_2 , которым прирастает атмосфера, имеет изотопный состав, характерный для продуктов сжигания угля, нефти и газа. Конечно, основную часть, более 99%, в любом случае составляет C^{12}O_2 . Но в CO_2 от сжигания топлива C^{13}O_2 гораздо меньше, чем в CO_2 , поступающем от фотосинтеза.

Концентрация CO_2 в атмосфере неумолимо растет каждый год: и в холодный, и в теплый. Это не удивительно, ведь источники роста — выбросы электростанций и котельных, транспорт, промышленные предприятия. Всюду, где сжигается уголь, газ, нефтепродукты, торф, в атмосферу поступает CO_2 .

Куда девается CO_2 ? Сейчас более половины CO_2 накапливается в атмосфере, около 1/6 поглощается наземными экосистемами, а примерно 1/3 поглощается океаном (см. красные стрелки на рис. 1.11) и в конечном счете в виде известняка (карбоната кальция, CaCO_3), преимущественно раковин морских организмов фораминифер, осаждается на дне (рис. 1.12).

Сможет ли океан и дальше поглощать CO_2 в той же пропорции в будущем и превращать углерод, накопленный в угле, нефти, природном газе и торфе, в осадочные породы на океанском дне? Увы, и сам океан, как бы огромен он ни был, уже реагирует и на рост концентрации CO_2 в атмосфере, и на общее усиление парникового эффекта. Наиболее выделяются два эффекта.

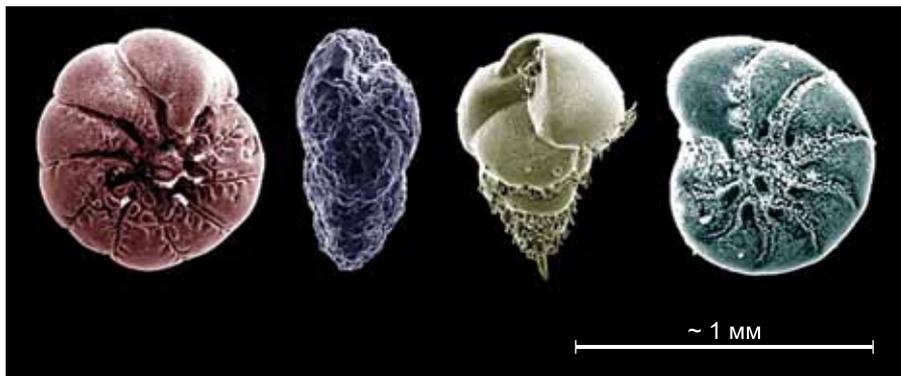


Рис. 1.12
Раковины различных фораминифер

Источник: British Geological Survey
<http://www.bgs.ac.uk/research/img/climatechange/Forams.JPG>

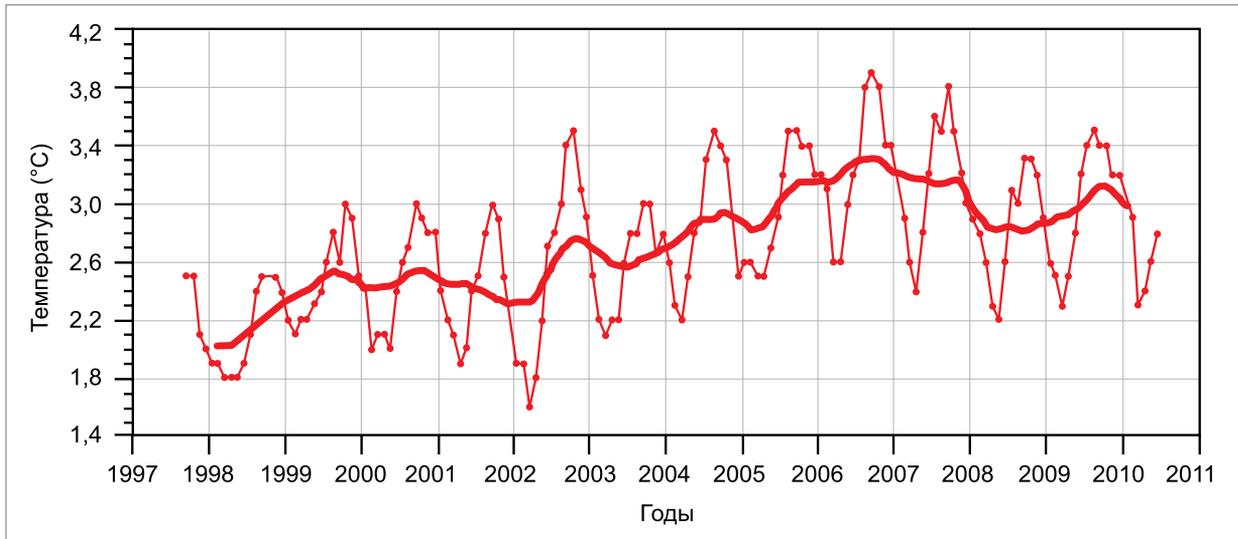


Рис. 1.13
Температура океанских вод в проливе Фрама
 (течение из Атлантики в Арктику к западу от Шпицбергена, измерения на 78°50' с.ш.)

Источник: Richter-Menge, J., M. O. Jeffries and J. E. Overland, Eds., 2011: Arctic Report Card 2011, <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>

Во-первых, поверхностный слой океана становится более кислой средой — растворение в воде большего количества CO_2 приводит к эффекту, аналогичному добавлению кислоты. Увеличивается водородный показатель (pH) — величина, характеризующая концентрацию ионов водорода (равна отрицательному десятичному логарифму концентрации ионов водорода). В нейтральной среде $\text{pH} = 7$, в кислых средах < 7 , в щелочных > 7 . За последние 20 лет в поверхностных водах океана он упал с 8,12–8,14 до 8,08–8,10. Казалось бы, совсем мало, но, например, для кораллов это существенно, ведь они привыкли жить в неизменной среде.

Во-вторых, океанские воды становятся теплее. Например, течение, которое идет из Атлантики в Арктику к западу от Шпицбергена, потеплело примерно на 1 градус (рис.1.13). Это совсем не мало, ведь теплеют огромные массы воды. Важнейший индикатор здесь не температура поверхности океанских вод или воздуха над океаном, а температура толщи воды. Поэтому такой рост наглядно свидетельствует о небольшом, но существенном прогреве планеты.

Важно понимать, что процесс поглощения CO_2 сложен и нелинеен, кислотность океана уже сместилась в сторону увеличения, и дальнейшую реакцию фитопланктона — основы жизни в океане — предсказать пока невозможно. Однако в большем числе научных работ говорится не о росте, а о снижении поглощения CO_2 , а значит о неблагоприятном развитии событий. Поэтому, исходя из принципа предосторожности, лучше не надеяться на океан, а снижать выбросы CO_2 .

Если воздействия столь наглядны и ведут к прогреву, то почему же тогда в вашем регионе не теплеет каждый год? Во-первых, воздействие человека накладывается на естественные процессы, которые имеют те или иные периоды потепления и похолодания. Они были рассмотрены выше.

Во-вторых, речь идет обо всей планете, и наиболее четкие тенденции видны на большой территории. Для того чтобы видеть динамику происходящих изменений, нужно смотреть на всю территорию России, а лучше — на всю поверхность океана и суши.

В-третьих, изменения средних температур очень невелики относительно растущего размаха колебаний — от необычно теплой погоды к холодной и снова к теплой. Мы замечаем, прежде всего, необычные, более частые, аномальные погодные явления, которые вместе с ростом уровня моря, таянием льдов и «вечной» мерзлоты являются главной проблемой нынешнего изменения климата. Два последующих раздела посвящены именно этим важнейшим особенностям последних десятилетий.

Рост температуры в мире и в России

С начала XX века рост температуры приземного слоя воздуха на планете составил 0,8 °С. Средняя температура в наши дни уже не 13,7 °С, а 14,5 °С (см. рис. 1.8). На рассмотренные выше океанские циклы, вариации солнечной активности и извержения вулканов, которые определяли изменения климата в последние столетия, теперь накладывается антропогенное воздействие¹⁴.

Изменяя состав атмосферы, человек влияет и в сторону потепления, и в сторону похолодания. Загрязнение атмосферы пылью дает похолодание, а CO₂ и другими парниковыми газами, сажой — в сторону потепления.

По данным последнего обзора Всемирной метеорологической организации, тенденция для мира в целом — потепление. Об этом говорят данные трех самых крупных метеорологических центров: США, Великобритании и Японии (рис. 1.14). При этом рост температуры гораздо больше, чем расхождения между данными разных центров.

¹⁴ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru> (см. главу 6 тома 1 данного доклада «Антропогенный вклад в изменение климата»).

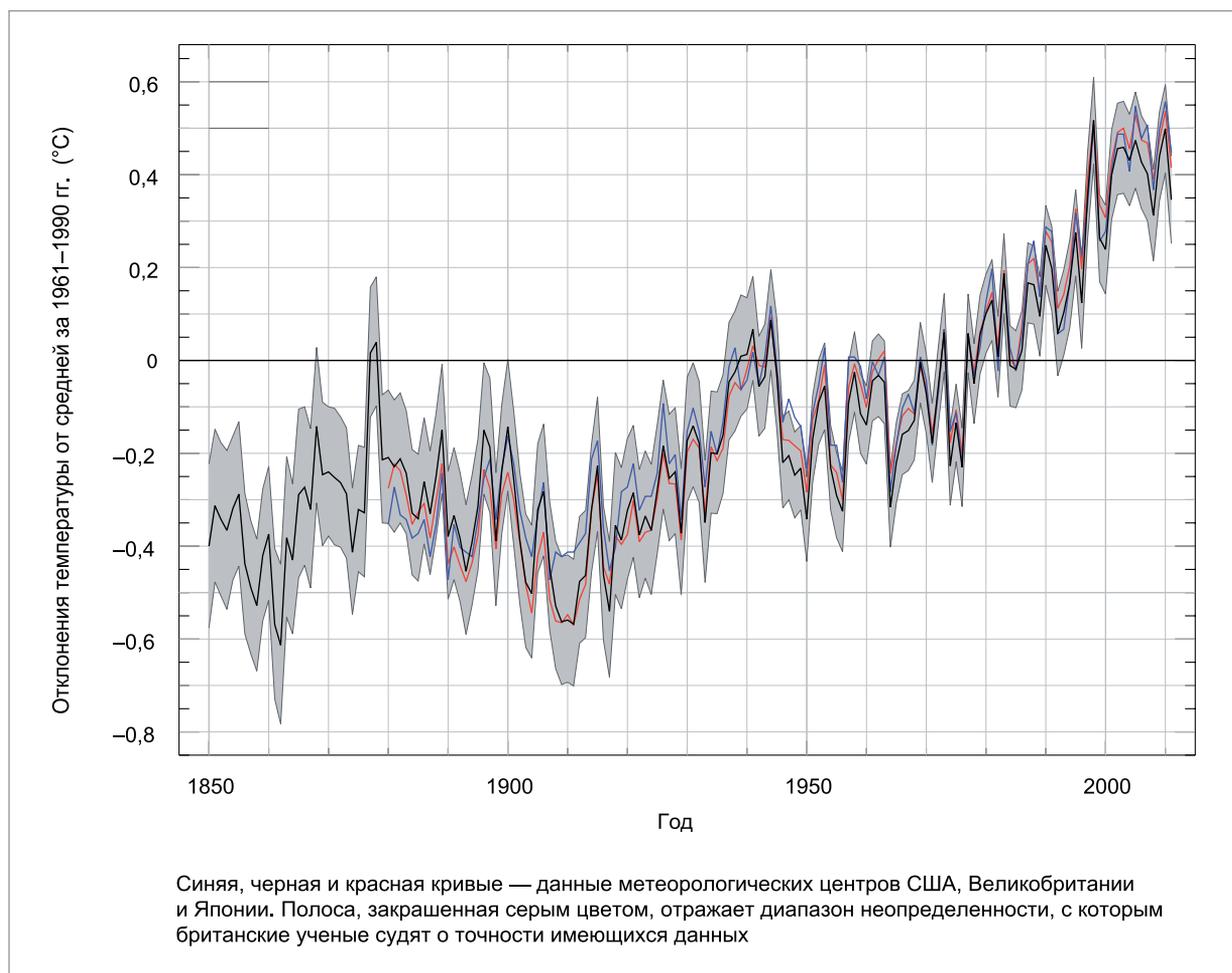


Рис. 1.14
Средняя глобальная температура приземного слоя воздуха

Источник: Всемирная метеорологическая организация (Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2011 г. на русском языке) http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1085_ru.pdf

Для России в целом общая, но неуклонная тенденция — это медленное потепление, проявляющееся на всей территории страны в целом заметнее, чем в отдельных регионах (рис. 1.15).

Как правило, если где-то холоднее нормы (тенденция не проявляется), как зимой 2010–2011 годов в европейской части России, то где-то теплее обычного, и тенденция потепления выражена особенно сильно, как весной 2011 года в Арктике и на большей части территории Сибири (рис. 1.16).

Учеными была проведена количественная оценка вклада человека в текущее изменение климата. Двухтомный доклад, в подготовке которого участвовали все работающие по проблеме климата институты Росгидромета и РАН, содержит такой вывод: «*Крайне маловероятно (< 5%), что изменения климата, наблюдавшиеся за последние 50 лет, происходили без внешнего воздействия; с высокой степенью вероятности (> 90%) можно утверждать, что*

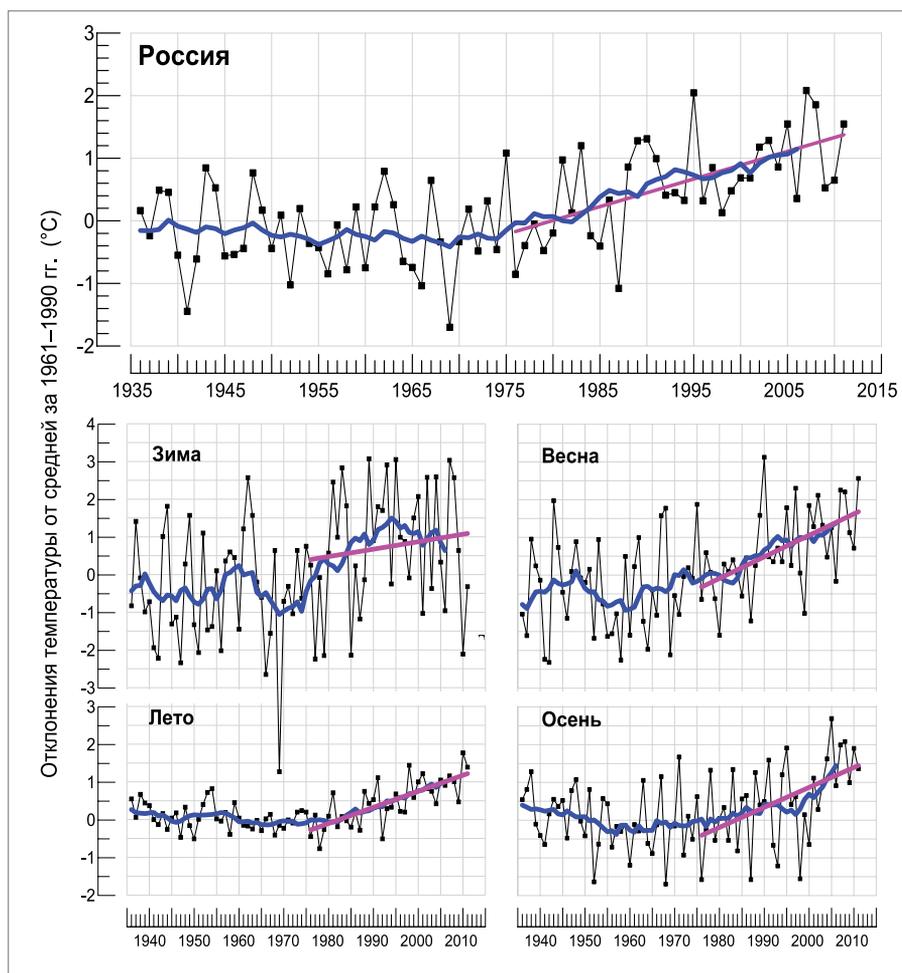


Рис. 1.15
Средняя температура приземного слоя воздуха на территории России (голубая кривая — 11 летнее среднее, красная линия — линейный тренд, подробное описание см. в начале тематического раздела 4)

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

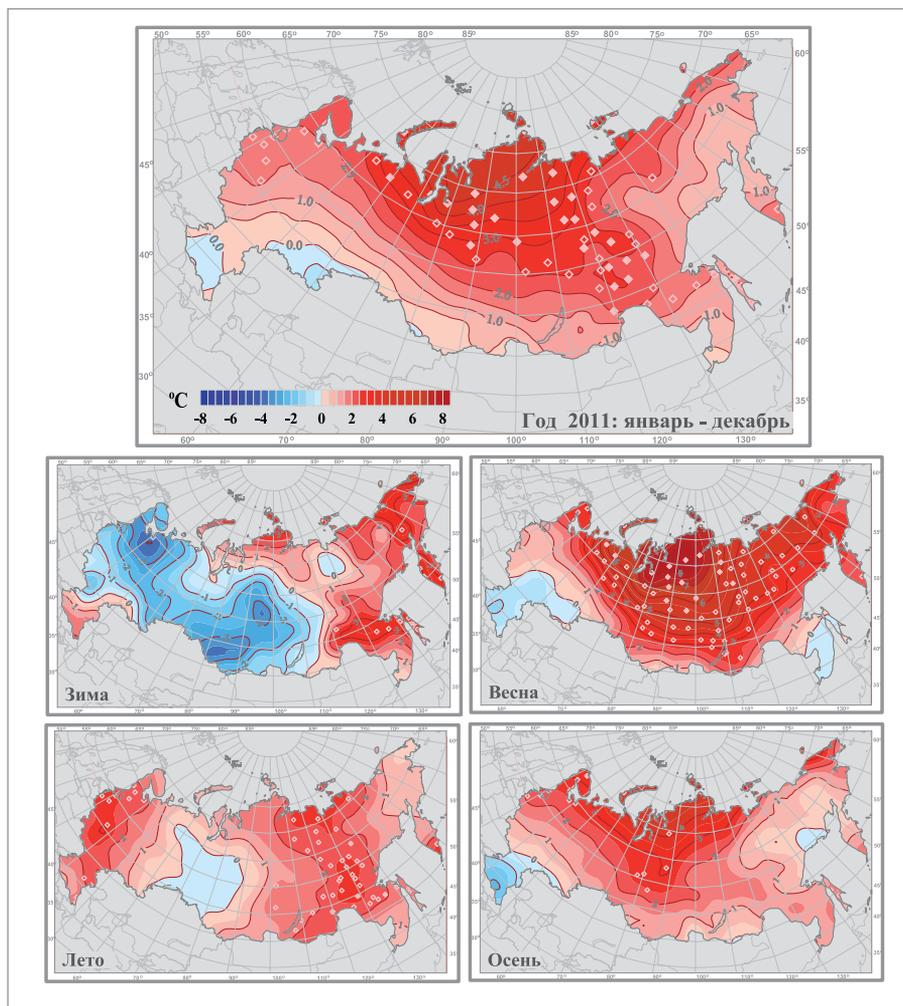
наблюдаемое увеличение концентраций антропогенных парниковых газов обуславливает большую часть глобального потепления начиная с середины XX века»¹⁵.

В данном докладе ученые не говорят о 100% вероятности, но разве 90% недостаточно для того, чтобы осознать серьезность проблемы и начать предпринимать меры? «Меры против чего?» — спросите вы. Конечно, должны приниматься меры не против незначительного глобального потепления (это лишь индикатор процесса изменения климата), а для остановки роста числа опасных гидрометеорологических явлений в целом (наводнений, засух, штормовых ветров, аномальных осадков, жары или мороза и т.п., всего, кроме извержений вулканов и цунами, которые с климатической системой не связаны). Речь о них пойдет ниже.

¹⁵ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru>

Рис. 1.16
Средняя температура на территории России в 2011 году.
 Цвета от синего до красного — отклонения температуры от средней за год или сезон в 1961–1990 гг.

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru



Разбалансировка климата и рост числа опасных гидрометеорологических явлений

Основной угрозой для природы и человека стало не потепление (оно пока невелико), а изменение, точнее, разбалансировка климата. То есть корректно говорить не о потеплении (как глобальной краткосрочной тенденции) или похолодании (как тенденции будущих десятков тысяч лет — ведь нас ждет новый ледниковый период), а о разбалансировке климата, ведь мы наблюдаем скачки температуры, в 5–10 раз большие, чем рост средних температур.

Например, зимы 2010 и 2011 годов на большей части России были существенно холоднее, чем в три предыдущих года.

Но при этом в феврале 2010 года был побит рекорд «жары» на полюсе холода в Оймяконе: было всего $-15,3$ °С, а в это же время на Олимпийских играх в канадском Ванкувере не хватало ни снега, ни холода. Росгидромет в «Докладах об особенностях климата на территории Российской Федерации» подчеркивает, что холодные зимы в отдельной части или даже на большей части территории России не указывают на смену тенденции.

Появляется иное измерение климата — его экстремальность. Если раньше мы говорили о морском климате с мягкой зимой и влажным летом и континентальном климате с жарким летом и холодной зимой, то теперь одновременно зима может быть аномально холодной и «жаркой», лето — и сухим, и дождливым. Так от месяца к месяцу колеблется наша новая погода.

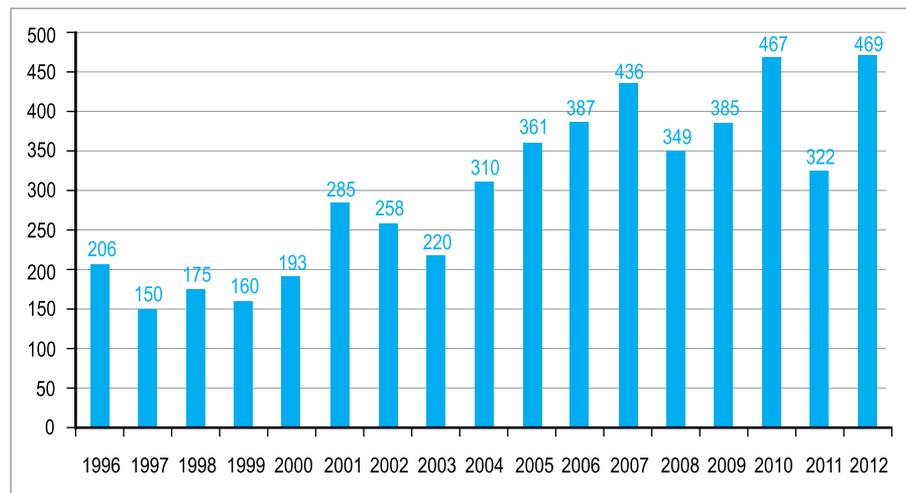
Росгидромет давно фиксирует увеличение числа опасных явлений, причем подсчитываются три параметра. Первый — число опасных метеорологических явлений (штормовые ветра, сильные дожди, снегопады, аномальная жара и аномальный холод, метели, смерчи, гололед, заморозки и т. п.), они прямо связаны с погодой и климатом. В 2012 году таких явлений было 536, в 2011-м — 401, в 2010-м — 511, в 2006–2009 годах — 390–446. За последние годы рост числа явлений проследить сложно, но по сравнению с 1998–2003 годами их стало в 2 раза больше. В основном рост наблюдается за счет более теплого времени года. Каких-то совершенно новых для той или иной местности явлений не фиксируется, но случается, что очень редкие события, например, ледяной дождь¹⁶, происходят чаще и воспринимаются людьми как новые для их региона.

Второй параметр — общее число опасных явлений, включая агрометеорологические и гидрологические, в последние годы составляет 800–1000. Третий — явления, которые нанесли значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения. За последние 15 лет их число на территории России увеличилось вдвое: с 150–200 до 300–450 явлений в год, в 2012 году был поставлен рекорд — 469 явлений (рис. 1.17). Рост ущерба связан с двумя факторами: ростом метеорологических опасных явлений и ростом уязвимости всей инфраструктуры — мостов, дорог, линий электропередач, плотин, домов и других строений, которые часто возводятся без учета возможных чрезвычайных ситуаций.

¹⁶ Ледяной дождь — очень редкое явление, которое иногда воспринимается как ранее невиданное. Такая ситуация в более неустойчивом климате и при резких перепадах погоды возникает чаще. Более подробно см. ниже, приложение 3.

Рис. 1.17
Число опасных гидрометеорологических явлений, которые нанесли значительный ущерб

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. — М.: Росгидромет, 2013 www.meteorf.ru

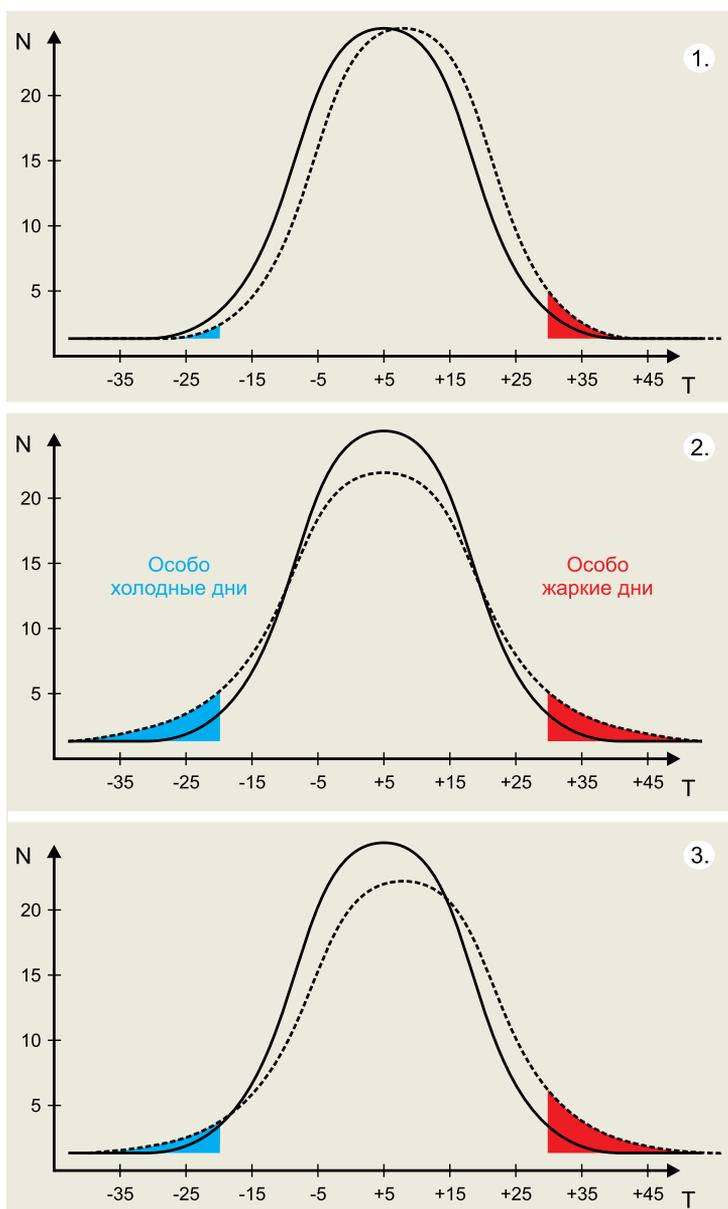


Почему при росте средней температуры может увеличиваться не только число жарких дней, но и число холодных? Это зависит от того, какой процесс преобладает: рост средней температуры или увеличение variability климата. На рис.1.18 на верхней диаграмме показан эффект только от роста температуры — тогда действительно жарких дней больше, а холодных меньше. На средней диаграмме — только увеличение variability, больше и холодных, и жарких дней. А на нижней диаграмме показано их возможное сочетание.

Заметим, что прогноз погоды и прогноз климата — вещи разные. Успех в одном не означает успеха в другом, и наоборот: неуспех в одном не ведет к неуспеху в другом. То, что погоду сложно точно предсказать даже на неделю, не означает, что нельзя предсказать изменение климата. Но при этом используется вероятностное описание, говорится о том, насколько чаще или реже будут наблюдаться те или иные температуры или погодные явления.

Работы по прогнозированию изменения частоты опасных гидрометеорологических явлений активно ведутся во всем мире. Пока удается давать прогноз только в очень обобщенном виде. Например, в последнем докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата, вышедшем в 2012 году¹⁷, рассчитано, насколько чаще будут случаться явления, которые сейчас наблюдаются раз в 20 или 50 лет. Так, для севера Евразии экстремально высокие температуры, которые сейчас наблюдаются раз в 20 лет,

¹⁷ Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, «Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation», 2012, 582 pp., www.ipcc.ch



N – число дней в году с определенной среднесуточной температурой
 T – среднесуточная температура, °C

— — климат 1961–1990 гг.
 - - - - - — современный климат

1. Только эффект от роста средней температуры – тогда жарких дней больше, а холодных меньше (такая ситуация встречается очень редко)
2. Только увеличение вариальности климата, больше и холодных, и жарких дней
3. Сочетание обоих эффектов, когда изменение числа жарких и холодных дней сильно зависит от местных условий. Возможен практически одинаковый рост числа жарких и холодных дней, а для каких-то мест в те или иные десятилетия рост числа холодных дней может даже превышать рост числа жарких

Рис. 1.18
Возможное
увеличение числа
жарких и холодных
дней

По данным: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, "Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation", 2012, 582 pp., www.ipcc.ch

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

к середине XXI века будут в три раза чаще — раз в 7 лет. К концу века они могут повторяться уже раз в 3–5 лет, то есть станут более типичным явлением.

Сейчас активно обсуждается вопрос о причинах аномальной жары на европейской части страны в 2010 году. Есть работы, говорящие, что причины естественные, наступлению такой жары могло содействовать Эль-Ниньо (см. рис. 1.9) и циркуляция воздуха в Арктике¹⁸. Однако в большинстве научных статей выражается мнение, что антропогенное воздействие все же было. Ориентировочный вывод таков: естественные циклы могли привести к экстремальной жаре, но с вероятностью 80% внесло свой вклад и антропогенное воздействие, оцениваемое примерно как 20%. Расчеты показали, что если в климате 1960 года подобная экстремальная жара могла бы наблюдаться один раз примерно в 100 лет, то в более теплом климате 2000 года — уже в три раза чаще, примерно один раз в 30 лет¹⁹. Если продолжить эти оценки на будущее, то к середине века такая жара будет примерно раз в 10 лет, а к концу века, при неблагоприятных сценариях сильного антропогенного воздействия, раз в 3 года.

Аналогичным образом выглядит и прогноз для сильных осадков и наводнений на вторую половину XXI века. В научных докладах можно встретить такие фразы: «Если воздействие человека на климат будет минимально, то сильные наводнения, вероятно, будут случаться раз в пять лет, а если максимально — то раз в три года». Под «минимально» и «максимально» ученые имеют в виду совершенно конкретные сценарии изменения выбросов парниковых газов, аэрозольных частиц и т. п., то есть конкретные и реалистичные варианты развития мировой экономики и энергетики²⁰. Из этого видно, что от нас зависит немало.

¹⁸ Бюллетень «Изменение климата», № 38, 2012 г., с. 24 <http://meteorf.ru> или <http://www.global-climate-change.ru>

¹⁹ <http://eco.ria.ru/weather/20120221/571599637.html>, более детально см. F. E. L. Otto, N. Massey, G. J. van Oldenborgh, R. G. Jones, and M. R. Allen. Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. *Geophys. Res. Lett.*, 39, 4, doi:10.1029/2011GL050422, 2012 <http://europa.agu.org>. См. также: Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на европейской территории РФ. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*, том 47, № 6, ноябрь–декабрь 2011 г. <http://www.maiconline.com/maik/showIssues.do?juid=REO6YUZVA&year=2011&lang=ru>

²⁰ Более подробно см. ниже тематический раздел по региональным изменениям климата, а также сайт Главной геофизической обсерватории, где имеется интерактивная прогностическая карта. <http://www.voikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke> (на сайте ГГО <http://www.voikovmgo.ru> можно выбрать справа сверху раздел «Изменение климата России в XXI веке»).

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

Разница между сценариями проявляется только через 50–80 лет. Более близкое будущее фактически предопределено уже произошедшими изменениями состава атмосферы. Ведь даже если человек немедленно и очень резко сократит выбросы CO_2 , то его концентрация в атмосфере будет снижаться очень медленно.

По мнению директора Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова — нашего ведущего научного учреждения, занимающегося прогнозом изменений климата, В. М. Катцова, *«говоря о середине XXI века, достаточно уверенно можно говорить о том, что влияние антропогенного фактора будет усиливаться, даже если человечество вдруг станет интенсивно сокращать выбросы парниковых газов. Климатической системе присуща значительная инерция, прежде всего из-за такого «тяжелого» ее компонента, как океан. То, что мы наблюдаем сегодня, является реакцией на концентрации парниковых газов, накопленные в атмосфере десятилетия назад. То же самое относится и к будущему: наши сегодняшние усилия по сокращению выбросов климатическая система «почувствует» лишь во второй половине XXI века»²¹.*

Далеко не все опасные гидрометеорологические явления в той или иной степени удастся связать с воздействием человека. Вероятно, каких-то явлений может становиться больше по естественным причинам, на них могут влиять, например, океанские циклы. Тут еще очень много неясного.

Есть и эффект иного рода. Так, ущерб от тайфунов растет, но нельзя сказать, что тайфунов становится больше. Ущерб вызван тем, что все больше людей живет в зонах высокого риска. Во многих местах земли не хватает, и люди начинают селиться слишком близко к морю или на островах, часто строят совсем ветхие жилища.

Для наводнений мы видим сочетание двух факторов: рост ущерба как от увеличения числа наводнений, так и от проживания все большего количества людей в опасных зонах. Нередко ущерб многократно усиливается элементарной бесхозяйственностью или бездумным строительством дамб и прочих объектов, наличие которых приводит к наводнениям. Например, так было во время наводнения в Бангкоке в 2011 году и во время наводнения в Крымске в июле 2012 года.

²¹ Санкт-Петербург, 28 июня 2011 г.

Опасны не нынешние, а будущие изменения климата

Нерешенных вопросов в климатической науке еще очень много. Тем не менее, в вышедшем в 2009 году обобщающем докладе наши ученые сошлись во мнении, что серьезнейшей причиной изменений климата в последние десятилетия является антропогенное воздействие²². Действия человека, в частности, по выбросам CO₂ можно спрогнозировать (ведь это, прежде всего, ход развития мировой энергетики — потребление угля, газа и нефти), а значит и дать прогноз изменений климата. Именно он и вызывает опасения, поскольку сулит гораздо более серьезные потери от опасных гидрометеорологических явлений, чем мы видим сейчас.

Нарастание случаев необычной погоды, штормовых ветров, сильных осадков, наводнений и засух, а также в целом понимание причин и неизбежности ущерба — именно это и тревожит экологов. Для нашей страны также важно таяние и деградация «вечной» мерзлоты (подробнее см. тематический раздел по Арктике).

Другой эффект — повышение уровня океана и постепенное затопление малых островов, низко расположенных, но в наше время густонаселенных местностей и больших городов. Это относится, прежде всего, к Юго-Восточной Азии, но не надо забывать и о других прибрежных городах, включая Санкт-Петербург.

Приведенные выше на рис. 1.6 (стр. 28) палеоклиматические данные показывают, что на 1°C потепления или похолодания приходится примерно 15 м подъема или снижения уровня океана. За последнюю сотню лет потеплело на 0,8 °C, а уровень океана вырос всего примерно на 20 см (сейчас он растет на 3–5 см за 10 лет как за счет теплового расширения воды в верхнем слое океана, так и за счет разрушения и таяния ледников). При этом ученые говорят о росте уровня океана на 0,5–1,5 м к концу XXI века²³.

Причина «несоответствия» во временном масштабе — 15 м на 1°C — соответствует равновесному состоянию, в которое кли-

²² Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008. <http://climate2008.igce.ru> (см. главу 6 тома 1 данного доклада «Антропогенный вклад в изменение климата»).

²³ Подробный анализ прогнозов подъема уровня океана см. Turn Down the Heat. Why a 4 °C Warmer World Must be Avoided. 2012, Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics for World Bank, <http://climatechange.worldbank.org/>

матическая система Земли приходит сотни и, вероятно, даже тысячи лет. Это значит, что даже если резко снизить антропогенное воздействие на климат, то уровень океана будет постепенно расти сотни и тысячи лет. В принципе рост может составить даже несколько десятков метров. Процесс этот нелинеен, и пока не известно, насколько нелинеен. Не «выстрелит» ли уровень океана в конце XXI века или в середине XXII века? Или, может быть, процесс столь медленный — десятки тысяч лет, и нам на помощь придет новый ледниковый период, который обратит данный процесс вспять? Сейчас на эти вопросы ответа нет, но, вероятно, лучше следовать принципу предосторожности и ориентироваться на худшие варианты развития событий.

Природа ко многому может приспособиться, но ей нужно время. Процесс изменений не должен быть очень быстрым, иначе потерь не избежать. Плавность означает, что человечество должно замедлить рост выбросов парниковых газов, а потом постепенно его снижать. В вышедшем в 2007 году международном докладе ученые уже дали примерный ответ об относительно безопасном уровне выбросов и необходимых действиях: к середине XXI века глобальные антропогенные выбросы парниковых газов надо снизить в 2 раза от уровня 1990 года. В этом случае рост средней температуры будет 2 °С или лишь несколько больше, что должно позволить избежать наиболее опасных явлений и большого ущерба²⁴.

Посмотрим, чем опасно «незначительное» (с точки зрения большинства обывателей) повышение температуры на несколько градусов на планете (рис. 1.19).

По продовольствию снижение урожаев в Африке и Азии ожидается при любом повышении температуры, но до определенного предела оно может компенсироваться ростом урожаев в более северных и развитых странах. При росте глобальной температуры более чем на 4 °С снижение урожайности приобретает всемирный характер и требует дорогостоящих методов ведения сельского хозяйства и использования новых сортов.

Особую тревогу вызывает ожидаемый дефицит пресной воды. До «порога» в 2 °С от этого страдают лишь отдельные засушливые регионы, а при большем повышении средней температуры дефицит приобретает массовый характер. По имеющимся оценкам, тогда на всех континентах, в том числе в Центральной Азии

²⁴ IPCC 4AR, vol. 1–3, Climate Change 2007. www.ipcc.ch

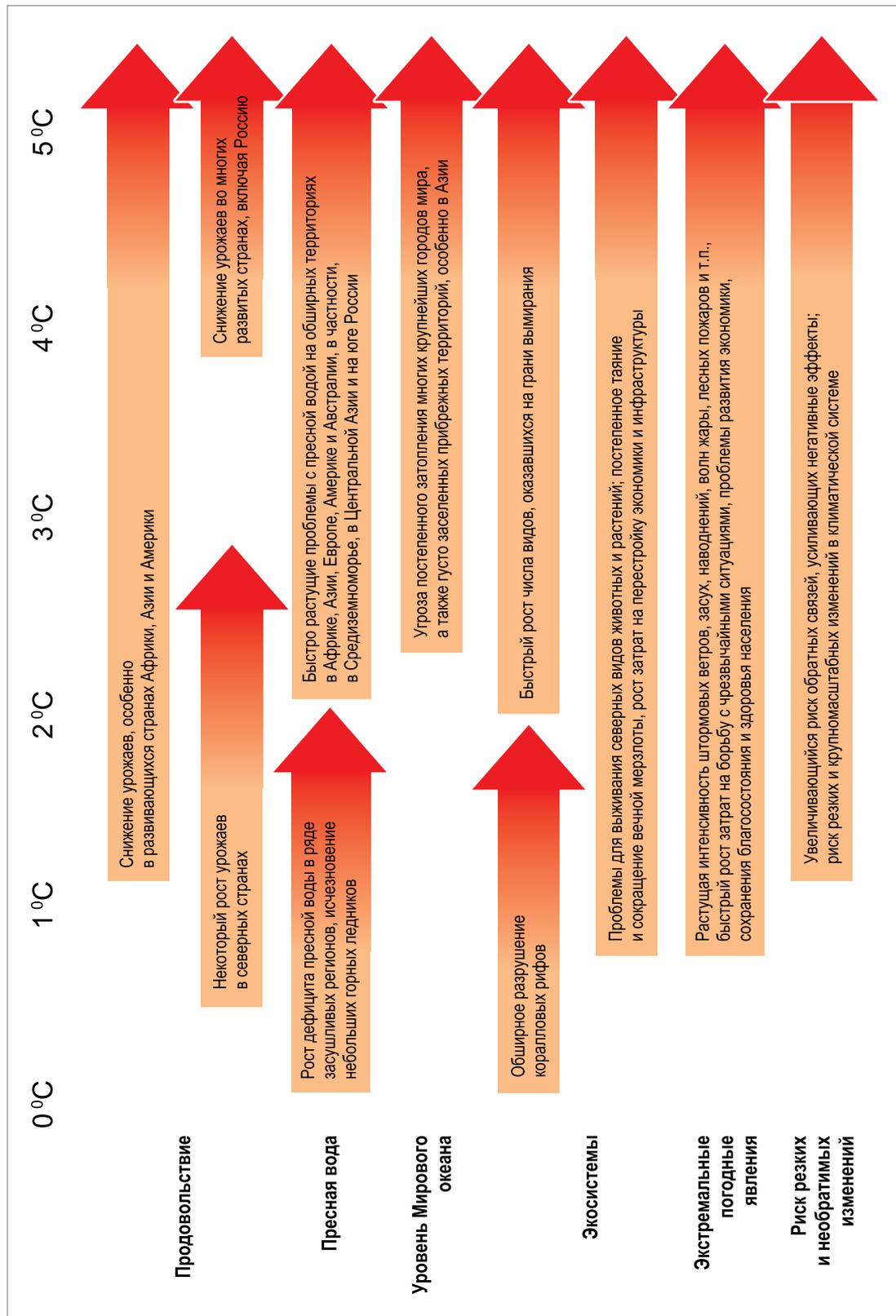


Рис. 1.19. Развитие опасных явлений при изменении средней глобальной температуры воздуха по сравнению с «доиндустриальной эпохой» (второй половиной XIX века)

По данным: IPCC 4AR, vol. 1–3, Climate Change 2007. www.ipcc.ch

ТЕМА 1. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ПЛАНЕТЕ

и на юге России, до трети населения будет страдать от нехватки воды.

Про повышение уровня Мирового океана уже говорилось выше. Фактически его подъем на 1 м уже неизбежен, это лишь вопрос времени. Не будет ли хуже — это принципиально важно для больших городов и низменных территорий Юго-Восточной Азии и, конечно, островных государств.

С океаном связана и другая проблема — повышение кислотности его вод. Коралловые рифы страдают уже сейчас. При неблагоприятном развитии событий ожидается быстрый рост числа видов водных организмов, которые будут на грани вымирания.

В целом аналогичная ситуация и с наземными экосистемами. По имеющимся оценкам, если глобальная температура повысится на 3–4 °С, то от 30 до 50% всех видов окажутся на грани вымирания. Конечно, жизни на Земле угрозы не будет, но необратимые потери биоразнообразия могут быть очень велики.

Об еще одном факторе — экстремальных погодных явлениях выше уже говорилось (см. рис 1.17, более подробно для наших регионов эта проблема рассматривается ниже, в четвертом тематическом разделе).

Кроме того, экологов очень беспокоит рост риска быстрых и необратимых изменений в климатической системе. Например, резкого изменения Гольфстрима, вероятность которого пока считается крайне малой, но к середине XXII века может сильно возрасти.

Конечно, лучше, чтобы рост средней температуры остановился на уровне 1,5 °С, тогда можно будет спасти практически все, даже малые, островные государства, которым грозит затопление. На первый взгляд, уже поздно, и столь сильно рост выбросов уже не остановить. Однако, как не раз подчеркивалось выше, наши знания о нынешних изменениях климата не полны. Возможно, лучшее знание естественных циклов или отклика климатической системы на рост концентрации парниковых газов в будущем позволит пересмотреть пределы достижимого.

По мнению экологических организаций, столкнувшись с очень серьезными потерями от изменений климата, человечество действительно резко сократит выбросы парниковых газов и даже обратит вспять рост концентрации CO₂ в атмосфере. Технически такое возможно. Именно поэтому экологи не сбрасывают со счетов

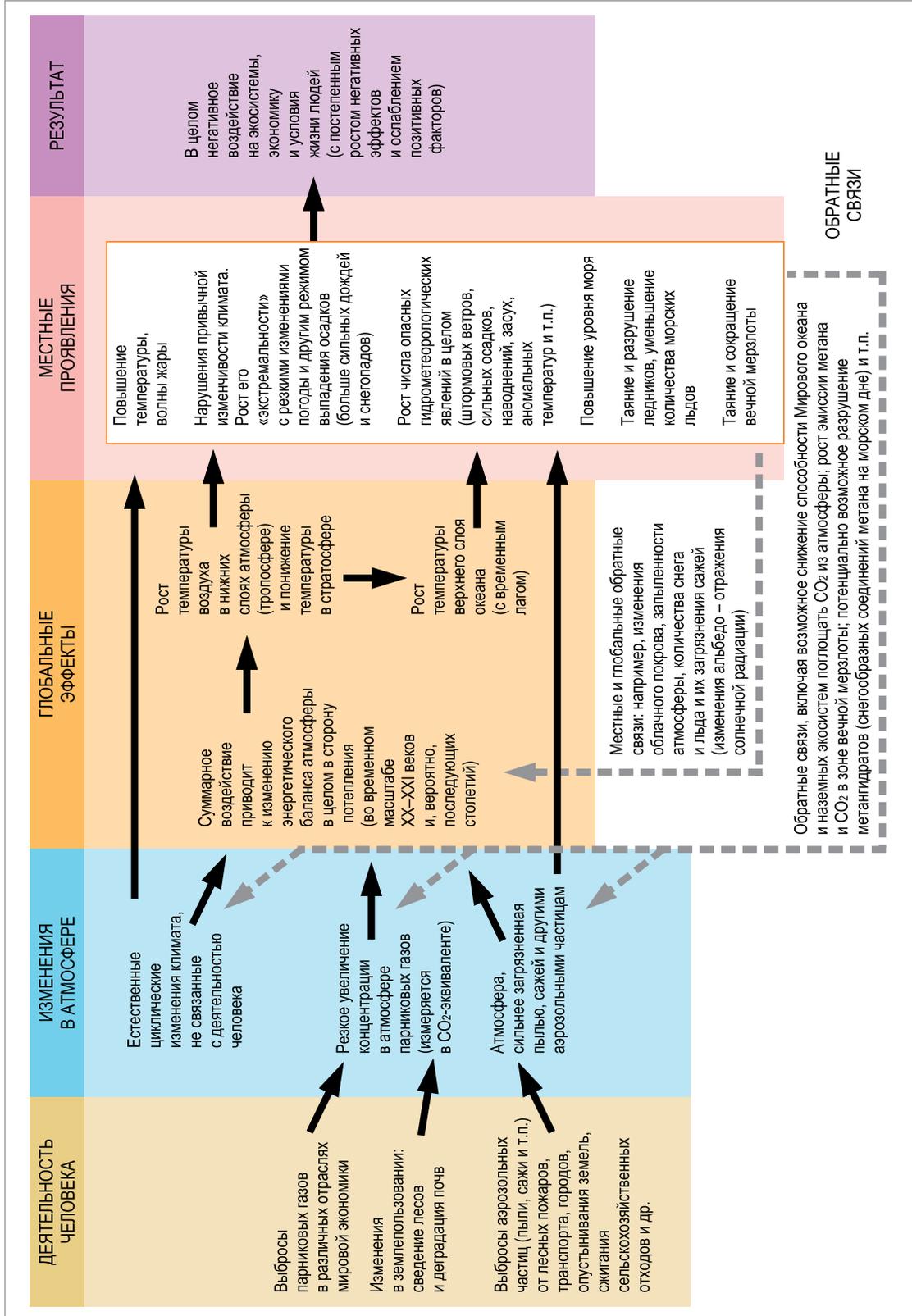


Рис. 1.20. Взаимодействия и обратные связи изменений климата

По данным: IPCC 4AR, vol. 1–3, Climate Change 2007. www.ipcc.ch

цель «1,5 °C» и требуют, казалось бы, недостижимого, но столь желательного результата.

Имеются и другие идеи. Ряд ученых говорит, что ситуация с выбросами крайне негативна (справочная информация о выбросах приведена в приложении 1), что может потребоваться «геоинжиниринг» — искусственное воздействие на климатическую систему Земли²⁵. Теоретически это возможно, например, предлагается защитить планету «экраном» из подкисленных серой мельчайших капелек воды, затеняющих нас от Солнца. Однако, по мнению подавляющего большинства ученых, это лишь сугубо теоретическая возможность, так как создание экрана может резко изменить глобальную атмосферную циркуляцию и даже не исключено досрочное и быстрое наступление ледникового периода. Поэтому подобные идеи нужно исследовать на компьютерных моделях, но не пытаться делать натурные эксперименты над всей планетой.

Прямое воздействие человека ограничивается сугубо локальными действиями. Например, можно воздействовать на туманы в аэропортах и на дорогах, улучшать погоду во время массовых мероприятий, но воздействовать на погоду или климат даже в отдельном регионе нельзя²⁶.

У ученых большие опасения вызывает возможное ускорение изменений климата из-за обратных связей (рис. 1.20). Самую серьезную тревогу вызывает негативная реакция океана на рост концентрации CO_2 в атмосфере. Под словом «негативная» понимается снижение его способности поглощать CO_2 из атмосферы и еще более быстрый рост его концентрации в атмосфере.

Вторым глобальным эффектом называется риск эмиссии в атмосферу огромного количества метана, имеющегося в многолетнемерзлых грунтах на суше и в виде метангидратов (снегообразных соединений метана) на морском дне. Грунты оттаивают все сильнее. Метангидраты даже при небольшом повышении температуры могут начать разрушаться и превращаться в газ. Это актуально именно для Арктики, где они залегают на небольшой

²⁵ Вопросы геоинжиниринга обсуждались на международной научной конференции «Проблемы адаптации к изменению климата», Москва, 2011 г. Результаты конференции см. в бюллетене «Изменение климата» № 29 (ноябрь–декабрь 2011 г.) на сайтах Росгидромета www.meteor.ru и www.global-climate-change.ru или <http://climatechange.igce.ru>.

²⁶ Заседание совместной коллегии Комитета Союзного государства России и Беларуси по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения природной среды. Архангельск, 29–30 июня 2011 г. Сайт Росгидромета <http://www.meteor.ru> / (раздел «Новости», 04.07.2011), интервью руководителя Росгидромета А. В. Фролова газете «Правда Севера» <http://www.pravdasevera.ru/?id=1051782090>

глубине. Немало в арктических почвах и болотах и органического вещества, которое при повышении температуры начнет разлагаться, что может привести к сильной эмиссии CO_2 в атмосферу. Сейчас исследуются и другие возможные местные и глобальные обратные связи, в частности, влияние вырубки лесов на облачный покров.

Для Арктики немаловажны и выбросы сажевых частиц²⁷. Для мира в целом их роль в антропогенном воздействии на климат намного меньше, чем у парниковых газов. Однако, выпадая на белый — чистый арктический снег, сажа в несколько раз увеличивает поглощение солнечного излучения (кроме того, сажа — канцероген, который наносит прямой вред здоровью людей).

Согласно Климатической доктрине РФ, есть две возможности, которые нужно реализовывать одновременно²⁸. Во-первых, надо адаптироваться к изменениям, причем действовать с запасом и рассчитывать не на минимальные (лучшие) изменения, а на худшие из прогнозов. Принимать меры надо вне зависимости от того, знаем ли мы все причины современного изменения климата. Во-вторых, нужно снижать выбросы парниковых газов, которые зависят, прежде всего, от выработки и расходования электроэнергии и тепла. Действия по снижению выбросов должны одновременно предприниматься во всех странах (источники выбросов, их распределение по странам и видам человеческой деятельности см. приложение 1).

По мнению директора Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, *«если бы страны могли сейчас договориться о сокращении выбросов, можно было бы избежать или очень сильно снизить вероятность того, что реализуются «жесткие» (худшие) сценарии изменения климата. Немного времени, я думаю, у человечества еще есть, для того чтобы если не решить, то смягчить эту проблему. Те, кто профессионально, всерьез размышляют о будущем, часто говорят о выборе между плохим и худшим. На то это и вызов человечеству, что легкие и простые решения не просматриваются»*²⁹.

²⁷ Более строгим научным понятием является термин black carbon (черный углерод), см. USEPA. Report to Congress on Black Carbon, March 2012, 338 pp. <http://www.epa.gov/blackcarbon>. Основной компонентой черного углерода является именно сажа, поэтому на бытовом уровне допустимо говорить именно о выбросах сажи или сажевых частиц. Международная Рамочная коалиция «Климат и чистый воздух» см. <http://www.unep.org/ccac>

²⁸ Климатическая Доктрина РФ. 2009. Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861_рп «О Климатической Доктрине Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/news/6365> или <http://президент.рф/acts/6365> см. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine.doc

²⁹ Санкт-Петербург, 28 июня 2011 г.

Резюме

Проблема изменения климата — это не миф, а реальность, к которой следует отнестись серьезно.

- В масштабе десятков тысяч лет Земля движется к похолоданию — к новому ледниковому периоду, но в XXI–XXII веках ожидается глобальное потепление, вызванное деятельностью человека. Оно будет накладываться на естественную климатическую изменчивость — какие-то десятилетия могут быть теплее, а какие-то холоднее.
- Основная опасность состоит не в потеплении как таковом, а в его последствиях — разбалансировке климата и погоды, которая ведет к росту числа и интенсивности опасных гидрометеорологических явлений; повышению уровня Мирового океана; таянию многолетней мерзлоты и т. п.
- Людям, экономике, экосистемам необходима подготовка к таким изменениям, основанная на особенностях конкретного региона. Нужно понимание роли каждого человека, организации, города и региона в проблеме климата, а также знание и выполнение конкретных действий, как ослабляющих негативное влияние людей на климат (снижение выбросов парниковых газов, сажи, сохранение лесов и т. п.), так и позволяющих свести ущерб к минимуму (меры по адаптации).

Имеющиеся данные и рекомендации на будущие 10–30 лет приводятся ниже для конкретных регионов России (тематический раздел 4), отдельно для Арктики (тематический раздел 2) и для лесов России (тематический раздел 3).

ТЕМА 2

ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

Каждый год ученые дают оценку тому, что происходит в Арктике, какие изменения обнаружены за истекший год и в целом за последние несколько десятилетий. В ежегодном докладе Росгидромета об особенностях климата есть специальные разделы, посвященные Арктике и многолетней мерзлоте¹. Самые свежие арктические новости освещаются в ежемесячных бюллетенях «Изменение климата»², а оперативная информация, например, по состоянию льдов размещается на сайте Арктического и антарктического научно исследовательского института (ААНИИ)³. Также каждый год выходит обобщающий доклад Национального агентства США по исследованию атмосферы и океана (NOAA)⁴, в подготовке которого участвует более ста ученых из всех арктических стран. На этих источниках и основывается данный тематический раздел.

Ниже мы рассмотрим пять арктических сред: атмосфера, состояние льдов и океанских вод, морские экосистемы, наземные экосистемы и гидрологический режим и криосфера. Далее, следуя докладу NOAA, постараемся оценить изменения по трехбалльной шкале: 3 балла — сильные изменения; 2 балла — есть ряд изменений, 1 балл — мало или нет изменений.

Атмосфера

Рост температуры приземного слоя воздуха в Арктике намного сильнее, чем в более низких широтах. Если за последние 30–40 лет средний рост температуры в мире составил 0,6 °С, то в Арктике — в 2,5 раза больше (рис. 2.1). Более того, в Арктике рост средней за год температуры наблюдается во всех ее частях, в отличие от более южных регионов, где формируется «пятнистая» картина: в большинстве мест стало теплее, но где-то холоднее. Причина этого явления кроется в разных механизмах потепления.

¹ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012 (доклады выходят ежегодно). www.meteorf.ru См. также <http://climatechange.igce.ru>

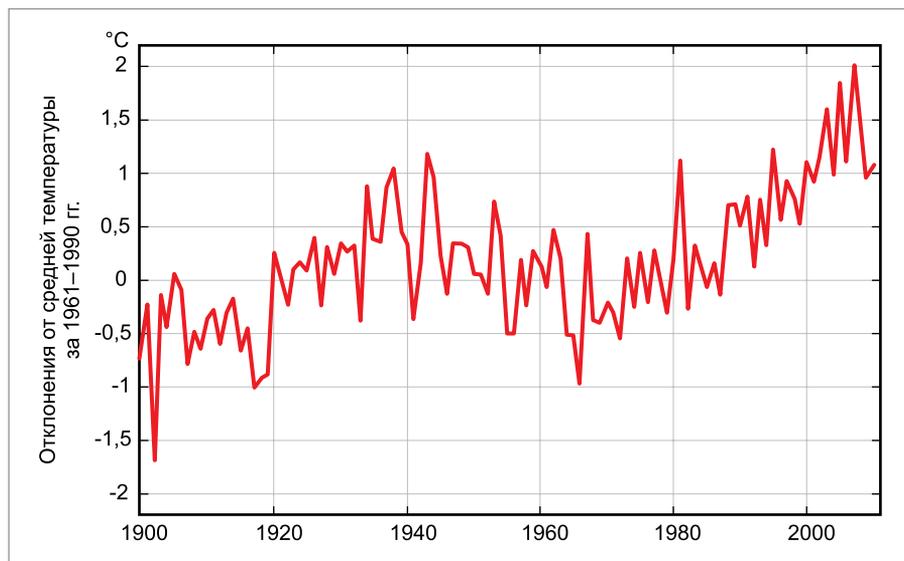
² Изменение климата, Ежемесячный электронный бюллетень. М.: Росгидромет. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru

³ В частности, данные ААНИИ см. <http://www.aari.nw.ru/main.php?lg=0>, раздел «Оперативные данные», Обзорные ледовые карты и др.

⁴ Richter-Menge, J., M. O. Jeffries and J. E. Overland, Eds., 2012: Arctic Report Card 2011, <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>.

Рис. 2.1
Рост среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в Арктике в целом (60–90° с. ш.)

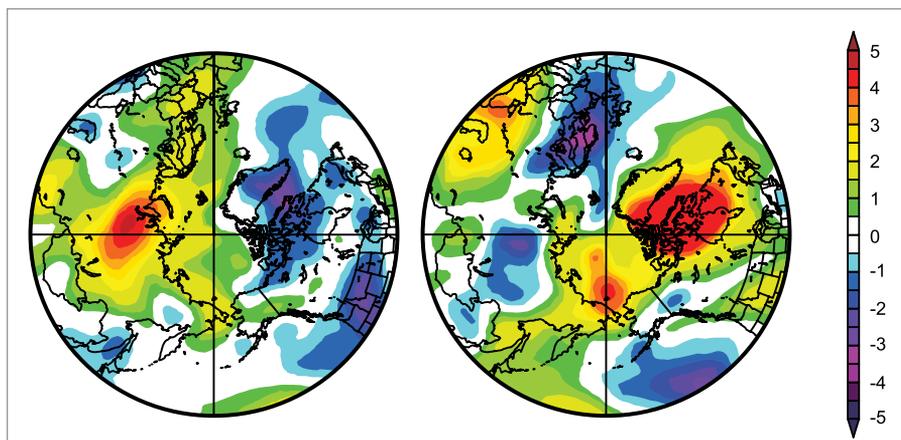
Источник: Richter-Menge, J., M. O. Jeffries and J. E. Overland, Eds., 2012: ArcticReport Card 2011, <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard> по данным www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature



В Арктике важную роль играет повсеместное уменьшение снежного и ледового покрова и соответствующий прогрев: темная поверхность суши или воды прогревается гораздо сильнее, чем белая, покрытая снегом. Большое влияние оказывает то, что воды, поступающие из Атлантики, стали чуть теплее, как и воздух, приходящий со всех южных направлений.

В более южных регионах механизм иной, и он главным образом связан с более слабым широтным (запад–восток и восток–запад), но более сильным меридиональным (север–юг и юг–север) переносом воздушных масс. В результате вокруг Арктики наблюдается то вторжение очень теплого воздуха с юга, то очень холодного с севера. В частности, с этим были связаны сильные морозы, которые с середины января до середины февраля 2012 года наблюдались в Европе и на европейской части России.

Поток тепла с юга в полярные широты значительно увеличился. Но этот поток не только сдвинул среднюю температуру на 1,5 °C в сторону потепления, но гораздо сильнее «раскачал» Арктику и соседние регионы. На практике это означает, что мы видим не плавное потепление, а постоянные «качели», охватывающие Северный Ледовитый океан и соседние регионы. Например, в декабре 2009 года и в феврале 2010 года в высоких арктических широтах было намного менее холодно, чем обычно, но зато на севере Европы и в восточной части Северной Америки стояли сильные морозы и люди рассуждали об окончании глобального потепления.



Размах «качелей» в среднем за сезон может превышать $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5° в плюс и 5° в минус), рис. 2.2, а в отдельные дни и недели достигать даже $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Понятно, что на фоне столь «нервного» климата людям сложно заметить средние изменения на $1\text{--}2^{\circ}$, и иногда они теряются в догадках — стало теплее или холоднее? В Арктике всюду стало теплее, но главное, что климат стал более переменчивым.

Проанализировав атмосферные изменения в Арктике, можно сделать вывод о том, что они значительные, оценка — 3 балла.

Состояние льдов и океанских вод

Наблюдения за состоянием льдов и вод Северного Ледовитого океана показывает, что за последние 10 лет Арктика сильно изменилась. В качестве причин, кроме отмеченных выше изменений в атмосфере, существуют еще два явления. Первое — повышение температуры поступающих в Арктику атлантических вод примерно на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (см. рис. 1.13). Второе — снижение количества льда. Эти явления взаимно усиливают друг друга: более теплая вода приводит к таянию льдов, а свободная ото льда поверхность воды быстрее прогревается.

Льды сокращаются быстрее, чем ожидалось, и ученые исследуют, какие еще процессы могут усиливать эффект. В канадском, аляскинском и чукотском секторах Северного Ледовитого океана имеется круговое течение Бофорта, где льды движутся под действием ветра. Наблюдения за перемещением льдов ведутся с конца 1940-х годов, и до конца XX века там отмечались циклические вариации с периодом в 5–8 лет. Площадь льда была то меньше, то больше. Но в последние 10–15 лет ситуация изменилась. Теперь в районе

Рис. 2.2
Пример арктических температурных «качелей» — пятен высоких и низких температур в различных регионах (отклонения температуры, $^{\circ}\text{C}$, от средней за тот же сезон в 1981–2010 г. на уровне 1000 миллибар). В один сезон, например, в октябре–декабре 2010 г. (правый рисунок) на Чукотке и в Канаде было «жарко», а на Кольском полуострове холодно, в апреле–июне 2011 г. (левый рисунок) все поменялось.

Источник: Richter-Menge, J., M. O. Jeffries and J. E. Overland, Eds., 2012: Arctic Report Card 2011, <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>

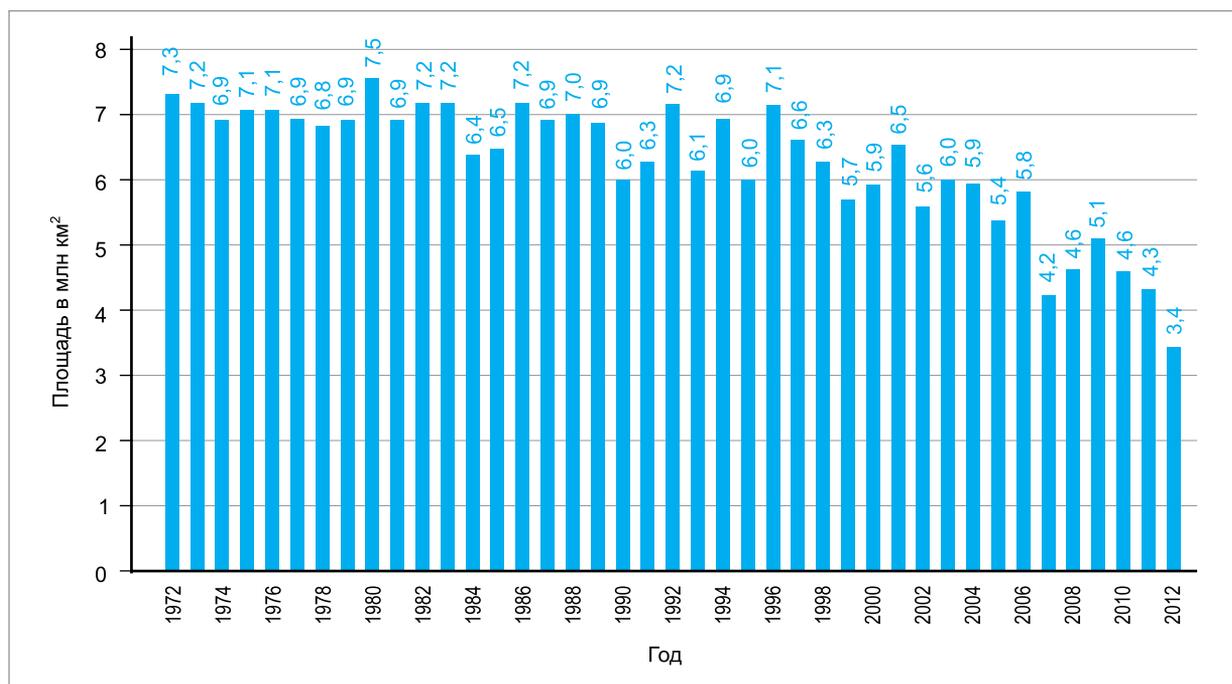


Рис. 2.3
Площадь арктических льдов (летний минимум, наблюдающийся в середине сентября) в 1972–2012 гг.

По данным: National Snow and Ice Data Center (USA) http://nsidc.org/data/google_earth/index.html#sea_ice_index_sept (данные за 2007–2012 г. см. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2012/09/arctic-sea-ice-extent-settles-at-record-seasonal-minimum/> Аналогичные данные ААНИИ см. <http://www.aari.nw.ru/main.php?lg=0>, раздел «Оперативные данные», Обзорные ледовые карты)

течения Бофорта, как правило, господствуют ветра, которые «убирают» лед из российских арктических морей.

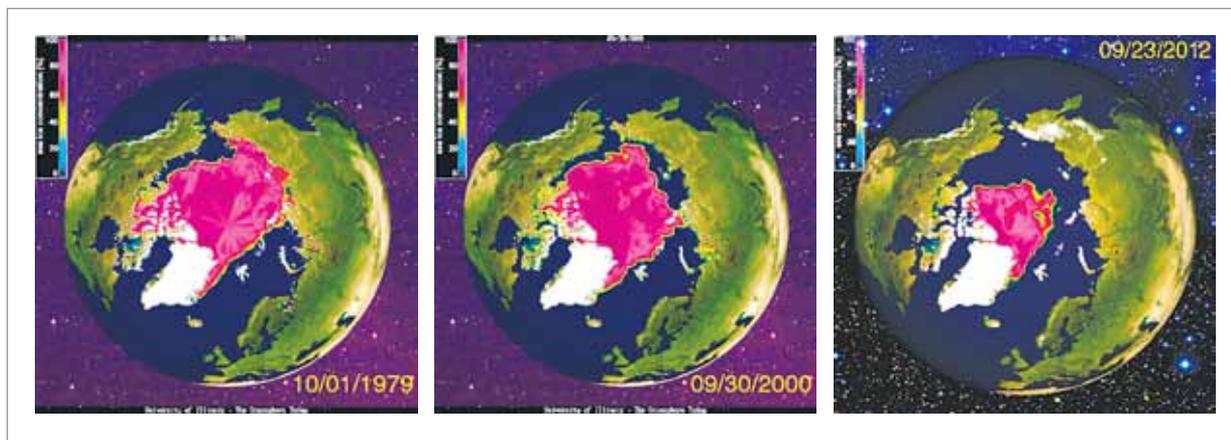
Другая гипотеза: развитие над свободной ото льда поверхностью воды восходящих потоков воздуха (конвекции), которая может воздействовать на циркуляцию воздушных масс и приводить к ветрам, нагоняющим в Арктику добавочное количество теплой воды.

Национальный центр данных по снегу и льду США (NSIDC) сообщил, что 16 сентября 2012 года площадь арктических льдов достигла минимума за всю историю наблюдений. Был побит рекорд 2007 года (рис. 2.3).

Картина состояния льдов подтверждается и картой анализа ледовой обстановки, составленной ААНИИ. Основная часть сокращения площади льдов приходится именно на Российскую Арктику. По данным ААНИИ, лед очень сильно «ушел» к полюсу — к северу от Земли Франца-Иосифа во второй половине сентября 2012 года сплошные льды начинались только после 85° с.ш., что совершенно невозможно было себе представить ни во времена Нансена и Седова, ни в конце XX века (рис. 2.4).

Заметим, что в то же время был побит рекорд зимней площади льда в Антарктике. 26 сентября 2012 года площадь составила 19,44 млн км², что более чем на миллион выше среднего значения

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?



за период с 1979 по 2000 год (18,3 млн км²), предыдущий рекорд был в 2006 году — 19,39 млн км². Однако ученые совершенно не считают данное явление противоречащим общей тенденции глобального потепления. Более того, оно вписывается в общую картину. Более теплая в целом в Антарктиде температура приводит к усилению циркумполярных ветров, которые «раздувают» лед по большей площади.

Сравнивать тренды, касающиеся летнего и зимнего льда, очень сложно, поскольку в разные сезоны «главными» становятся разные процессы. Летом главную роль играет таяние льда, прогрев свободной ото льда воды и возникающая в итоге обратная связь. Зимой в игру вступают ветры и снегопады. Поэтому, отмечают ученые, снижение площади арктического льда летом является более значимым индикатором тренда потепления, чем зимние изменения в Антарктике⁵.

Учитывая прослеживающуюся цикличность процессов, скорее всего, в 2013–2014 годах льдов в Арктике будет больше, чем в последние два года, но меньше, чем это было 10 и 20 лет назад. Однако еще более показательным стало трехкратное снижение объема арктических льдов за последние 30 лет (рис. 2.5).

Данный эффект связан с «омоложением» льда. Все меньше и меньше становится толстых многолетних льдов, в то время как доля молодых и тонких все больше увеличивается. Сложившаяся ситуация нередко порождает иллюзию доступности Арктики для хозяйственного освоения, добычи нефти и газа, движения судов.

Рис. 2.4
Снимки из космоса — состояние льдов во время летнего минимума в 1979, 2000 и 2012 годах.

Фиолетовым цветом показаны области, где лед покрывает 80–100% площади, красный — покрытие 60%, желтый — 40%, синий — 20%. Белый — ледниковый покров Гренландии и других участков суши. Темно-синий — вода безо льда

Источник: <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/archive.html> снимки за каждый день с 1979 по 2009 г., более поздние данные см. <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere>

⁵ http://ria.ru/arctic_news/20121003/764913364.html и http://nsidc.org/news/press/20121002_MinimumPR.html

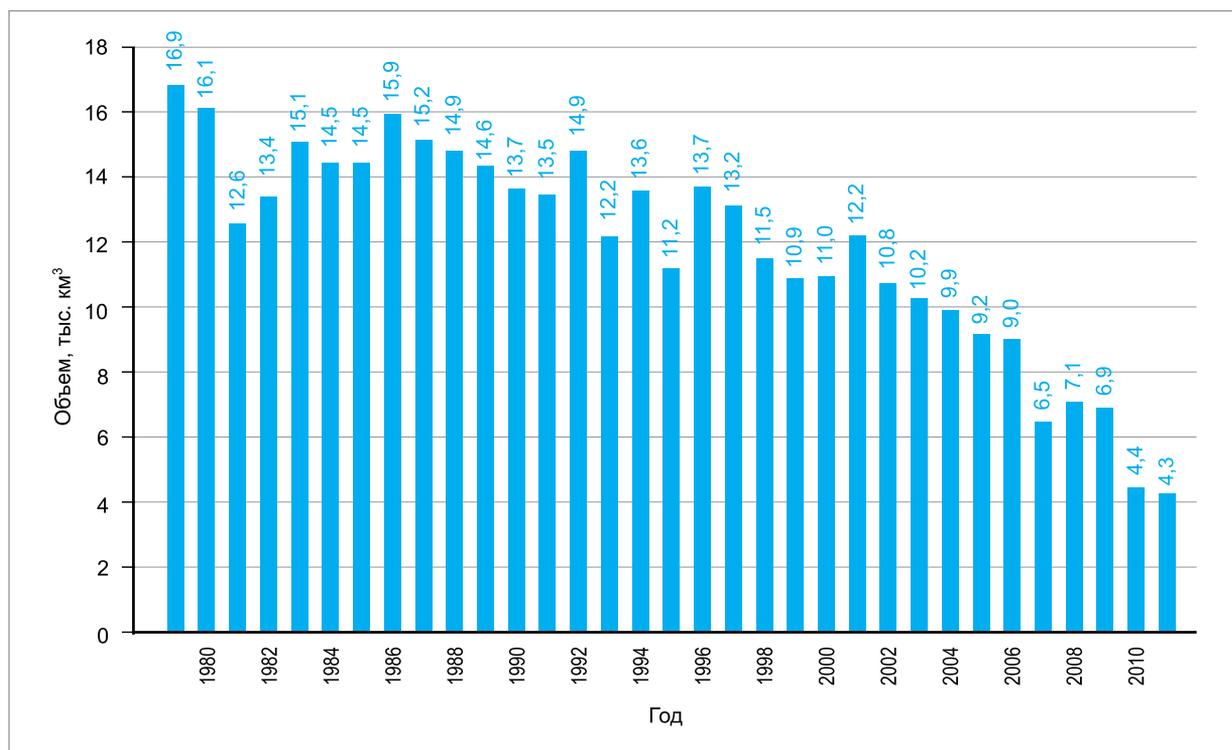


Рис. 2.5
Объем арктических льдов (летний минимум) в 1979–2011 гг.

По данным: Polar Science Center. <http://psc.apl.washington.edu/wordpress/research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly/> (данные за 2012 г. на момент сдачи книги в печать еще отсутствовали)

Однако преждевременно думать, что Арктика скоро очистится ото льда. Расчеты, проведенные ААНИИ и Главной геофизической обсерваторией, показали, что действительно льды исчезают быстрее, чем предсказывалось ранее. Однако, скорее всего, процесс не столь быстр. Об Арктике, постоянно свободной ото льда летом и осенью, можно говорить лишь к середине XXI века. Об Арктике, свободной ото льда зимой и весной, пока речь не идет. В ближайшие десятилетия зимой лед по-прежнему будет покрывать почти всю акваторию Арктики (рис. 2.6), хотя в целом он будет тоньше, особенно в российских арктических морях, где отступление льдов наиболее заметно.

Важнейшим фактором остается нестабильность ледового режима. Так, в 2007 году, который занимает второе место по минимальной площади льдов (на первом — 2012 год), «узкое место» Северного морского пути — пролив Вилькицкого (между Таймыром и Северной Землей) был закрыт льдами. В 2010 году льдов было гораздо больше, но пролив был чист. В будущем рост общей нестабильности климата, вероятно, вызовет и рост нестабильности ледового режима.

Через 10–20 лет может начаться более сильное разрушение арктических ледников и появление айсбергов. Разрушение ледников пока сильнее всего в Гренландии и на шельфе канадской Аркти-

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

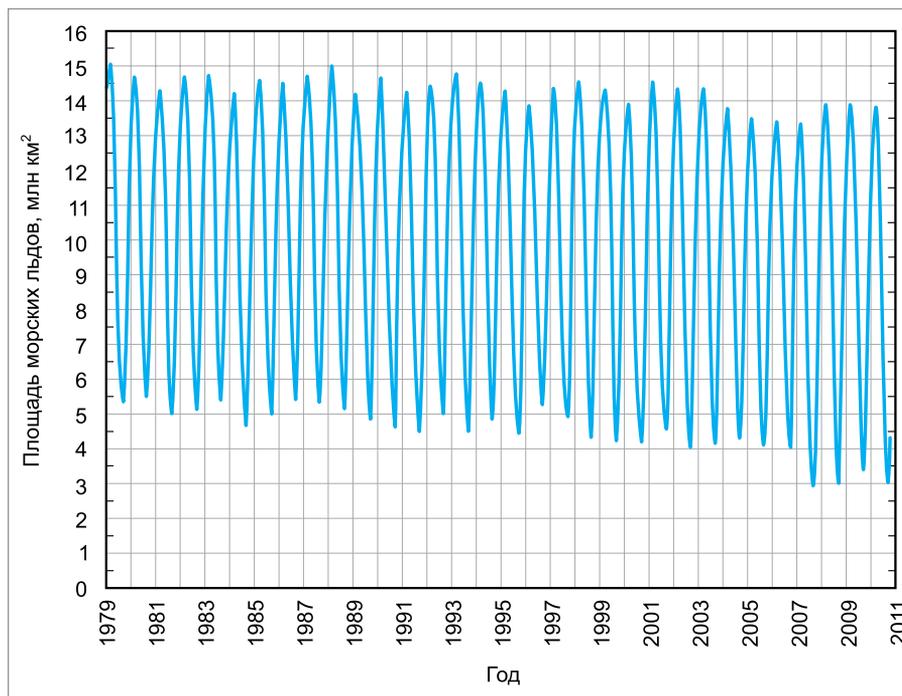


Рис. 2.6
Площадь льдов в Арктике в 1979–2011 гг.
Верхние максимумы – зима (март),
нижние минимумы – лето (сентябрь)

Источник: Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики. — М.: WWF России, 2011. — 64 с. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/500>

ки, но и Новая Земля уже потеряла более 250 км² ледового покрова. Сейчас этот процесс активно идет в Западной Антарктике, где разрушаются шельфовые ледники, нижняя граница которых ниже уровня моря. Образуется много айсбергов. Конечно, в Арктике айсберги будут намного меньше, но и они будут представлять опасность для судов.

Если по Северном морскому пути пойдут перевозки нефти, например, из Норвегии в Японию, или же начнется ее добыча на шельфе арктических морей, то айсберги и нестабильность ледового режима будут создавать угрозу аварий и разливов. При этом пока нет никакой технологии ликвидации разливов нефти в ледовых условиях⁶. Поэтому экологи призывают к установлению и строгому соблюдению

⁶ Когда нефть разливается в ледовых условиях, она покрывает лед со всех сторон, включая нижнюю его поверхность, соприкасающуюся с водой, по трещинам нефть проникает и в глубь льда. Поэтому ее очень сложно собрать или сжечь. К тому же многие технологии ликвидации разливов нефти, пригодные для теплых широт, в холодных условиях просто не работают. Вероятно, пройдет много лет, прежде чем научатся эффективно ликвидировать нефтяные разливы в ледовых условиях. Не исключено, что к тому моменту развитие в мире возобновляемых источников энергии и рост энергоэффективности снизят спрос на нефтепродукты и востребованной будет только относительно дешевая нефть Ближнего Востока и других южных регионов, а арктическая нефть так и останется недобытой. Впрочем, и сейчас добыча нефти и газа на арктическом шельфе — столь дорогое дело, что его прибыльность спорна. В частности, поэтому в 2012 году было отложено промышленное освоение Штокмановского газового месторождения в Баренцевом море.

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

стандартов на арктические перевозки, а саму добычу нефти в Арктике предлагают отложить до того момента, когда будет разработана технология ликвидации нефтяных разливов в ледовых условиях.

Сейчас в СМИ встречается информация о том, что таяние Арктики может привести к остановке Гольфстрима и резкому похолоданию в Северной Европе и Баренцевоморском регионе. Действительно, таяние льда приводит к формированию более пресных вод верхнего слоя Северного Ледовитого океана. Этот эффект наиболее заметен в канадской Арктике, где течение Бофорта крутит воду на одном месте. Там с 2003 года «накопилось» примерно 5000 км³ пресной воды, которая смешивается с морской и делает воды более пресными. В 1970-х годах поступление пресной воды было на 25% меньше, чем сейчас.

В целом верхний слой океана в Арктике становится более теплым и более пресным, что в принципе может привести к перестройке цепи океанских течений и воздействию на Североатлантическое течение (продолжение Гольфстрима). Однако пока ученые считают такое развитие событий маловероятным даже в следующем столетии. Для этого должна быть очень сильно снижена соленость и увеличена температура вод, чтобы их плотность стала достаточной для влияния на Североатлантическое течение. Пока оно стабильно, и есть лишь относительно слабые сигналы того, что менее плотным могло стать «подныривающее» под него Лабрадорское течение.

Другой обсуждаемой темой является повышение уровня арктических морей из-за таяния льдов. Детальные исследования говорят о небольшом тренде — примерно на 2 см за последние 10 лет. Однако этот подъем мало зависит от таяния арктических льдов, он отражает глобальный эффект и связан с тепловым расширением верхнего слоя океана, разрушением ледников Западной Антарктики и, в меньшей степени, Гренландии.

Таким образом, изменения льдов и вод в Арктике действительно значительны — оценка 3 балла, хотя и не так катастрофичны, как иногда можно прочесть в СМИ. Пока Арктика не обречена растаять, но прогнозы показывают, что если не снизить антропогенное влияние на климатическую систему, то последствия для арктических экосистем могут быть плачевными⁷.

⁷ См., в частности, расчеты, проведенные в Институте физики атмосферы РАН по разным сценариям антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. И. И. Мохов, А. В. Елисеев «Моделирование глобальных климатических изменений в XX–XXIII веках при новых сценариях антропогенных воздействий RCP». Доклады Академии наук 2012, том 443, № 6, http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=21731&d_no=47344

Морские экосистемы

В экосистемах все взаимосвязано. На вершине пищевой пирамиды стоит белый медведь, который зависит от тюленей, тюлени — от рыбы и наличия льдов, а рыба — от планктона. При этом особая роль принадлежит полярным и границе льдов — широкой полосе с полями отдельных льдин и открытой воды, именно ее держатся тюлени⁸.

Арктической весной граница льдов сдвигается на север так быстро, что медведи не успевают на это отреагировать и оказываются отрезанными огромными пространствами воды безо льда от своей главной пищи — тюленей (рис. 2.7). Конечно, медведь может проплыть десятки километров, но не сотни. Кроме того, медвежата этого сделать не могут. В итоге на берегу остается большое число животных, которые могли бы питаться моржами. Но им проще пойти в поселки и на помойки, где можно найти остатки пищи и останки моржей. Тем самым увеличивается число «неожиданных» встреч медведя и человека, что опасно для обеих сторон.



Рис. 2.7
Белому медведю, оставшемуся на суше на расстоянии более 100 км от кромки льдов и тюленей, хочется «выть» от изменений климата

Фото: Алексей Кокорин

⁸ Более детально см.: Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики. — М.: WWF России, 2011. — 64 с. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/500>

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

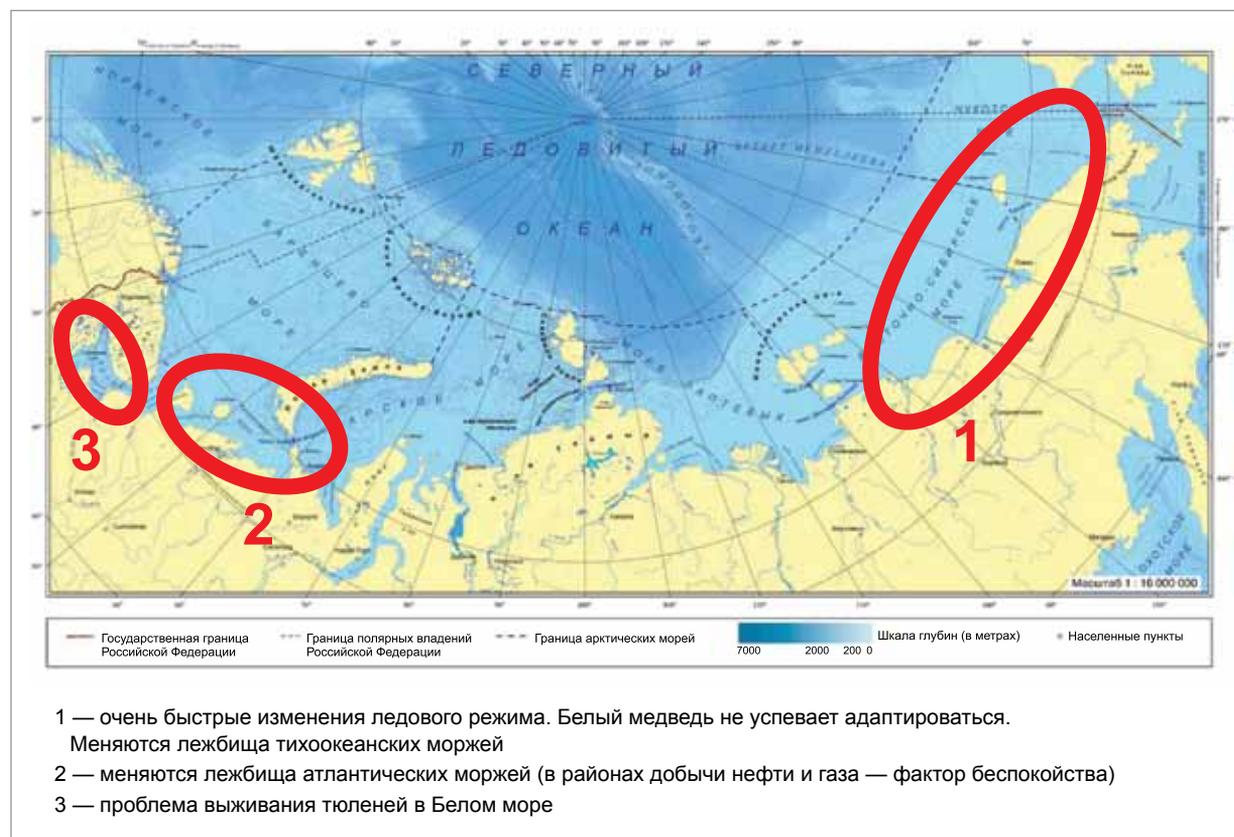
Наиболее явно это проявляется в Чукотском и Восточно-Сибирском морях (рис. 2.8–1), но в принципе та же ситуация складывается и в центральном и в западном секторах Российской Арктики. Поэтому мониторинг и соответствующие меры должны предприниматься заблаговременно.

Сейчас резко возросло число конфликтов медведя и человека, часто приводящих к гибели животных. Есть и случаи гибели людей. Выход из этой ситуации понятен: у людей должны быть средства отпугивания медведей — прежде всего, резиновые пули, а поселки должны быть очищены от потенциальной пищи для медведей, туши моржей должны быть удалены на безопасное расстояние.

WWF России активно участвует в этих работах, одновременно ведя мониторинг численности и перемещений медведей, чтобы заранее выявить потенциальные опасности. Одна из них — неблагоприятие моржовых лежбищ. В отсутствие льдов моржи вынуждены менять места лежбищ. Иногда тысячи животных появляются в новых местах, где человек может их сильно тре-

Рис. 2.8
Наиболее заметный момент проблемы с морскими млекопитающими в Российской Арктике

По данным WWF России



ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

вожить. Так, например, вновь созданное лежбище было замечено на Чукотке, на мысе Кожевникова, неподалеку от аэродрома. При неожиданном появлении самолета моржей охватывает паника, и гигантские самцы давят детенышей. За один раз может погибнуть несколько десятков животных. Меры решения проблемы просты: нужно до появления самолета создать шум, слабое беспокойство, чтобы моржи без паники ушли в море. Если не использовать эти приемы предотвращения конфликтов между человеком и животными, то можно потерять немалую часть популяции медведя и тихоокеанского моржа (рис. 2.8–1).

В Баренцевоморском регионе ситуация с моржами сложнее. Там обитает другой вид — атлантический морж, занесенный в Красную книгу, его численность которого гораздо ниже, чем тихоокеанского. У этих моржей мало лежбищ, причем они расположены не только в удаленных районах Земли Франца-Иосифа или на островах к северу от Новой Земли, но и на Вайгаче, Колгуеве и в других относительно легкодоступных местах. Именно там проходят транспортные пути, по которым ожидаются активные перевозки, в частности, нефти, предполагается поставить нефтедобывающие платформы (рис. 2.8–2). Там уже находится платформа Приразломного месторождения. Нужно очень тщательно отслеживать ситуацию, чтобы выявить негативные эффекты в самом начале и не допустить исчезновения атлантического моржа в южной части Баренцевоморского региона.

Еще одна проблема — выживание гренландских тюленей в Белом море (рис. 2.8–3). Гренландский тюлень распространен в Белом, Баренцевом морях и западной части Карского моря. Он типичный обитатель дрейфующих льдов. Для размножения и линьки тюлени идут в Белое море и в феврале–марте скапливаются на льдах десятками и сотнями тысяч. В отличие от медведей тюлени не могут размножаться на берегу, поскольку там им угрожают волки, собаки и другие хищники⁹. Длительное время гренландский тюлень был объектом морских промыслов поморов, особенно ценились бельки — детеныши в возрасте до двух недель с белым пушистым мехом. В настоящее время промысел запрещен. Много животных может погибнуть и при прохождении судов через места скопления тюленей. Сейчас

⁹ Поморская энциклопедия: в 5 т./ гл. ред. Н. П. Лавёров. Архангельск, 2001. — Т. II; Природа Архангельского Севера / гл. ред. Н. М. Бызова. — Архангельск: Поморский университет, 2007. — 603 с.

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

от капитанов судов требуется их обходить¹⁰, и животных гибнет гораздо меньше.

Современное потепление климата и уменьшение ледовитости Белого моря опасно для тюленей. Частые оттепели с разрушением льдов приводят к тому, что льдины с детенышами выносятся в открытое море, где многие из них гибнут. Вероятно, в будущем, если льда станет совсем мало, необходимы будут заповедные острова, где бельки смогут спокойно подрастать. На состоянии популяции негативно сказываются и последствия чрезмерного вылова таких рыб, как сайка и мойва, которыми питаются тюлени.

Что касается китов, то в целом для них в Арктике складываются более благоприятные условия. Однако и тут возможны чрезвычайные ситуации. Например, из-за нестабильности ледового режима в отдельные годы с более тяжелыми льдами киты могут гибнуть, будучи зажатыми льдами. Здесь также нужен тщательный мониторинг ситуации.

Еще одна проблема — повышение кислотности вод, которое идет в большей части Мирового океана, а в Арктике уже обнаружено в Беринговом и Чукотском морях. Большее поглощение CO_2 из атмосферы приводит и к более активному летнему развитию фитопланктона и повышению кислотности поверхностного слоя вод. Идет разрушение CaCO_3 , связанного в скелетиках и раковинах морских организмов, что говорит о потенциальной возможности негативного воздействия изменения климата на морские экосистемы.

За последние 10 лет биопродуктивность арктических вод в целом возросла примерно на 20%, в основном вследствие более длинных периодов с открытой водой. На первый взгляд это хорошо: больше планктона — больше рыбы. Но ситуация сложнее и опаснее, поскольку возможно проникновение в арктические воды чужеродных видов. Поэтому ученые рекомендуют тщательно отслеживать идущие изменения, чтобы заблаговременно выявлять негативные эффекты и стараться предотвращать их развитие.

Оценка изменений морских экосистем: «есть изменения» — 2 балла.

¹⁰ Капитанам судов предписано обходить места массовой лежки тюленей, которые хорошо видны со спутников и информацию о которых руководство архангельского порта получает заранее.

Наземные экосистемы

В Арктике стало теплее, а растительность теперь дольше свободна от снега. Весной тундра раньше становится зеленой: в 2000-х годах вегетационный период стал начинаться на две недели раньше, чем в 1980-х годах. Растительный покров и в целом стал зеленее. Когда поверхность земли свободна от снега, она гораздо сильнее прогревается. К тому же и воздух стал немного теплее. Поэтому летом верхний слой почвы стал протаивать глубже, чем раньше. Этот процесс получил название «таяние мерзлоты».

С ним связано немалое беспокойство экологов, так как при таянии мерзлоты возможно попадание в атмосферу огромного количества парниковых газов — CO_2 и метана (CH_4). Дело в том, что в тундре и лесотундре в нескольких верхних метрах почвы содержится гигантское количество органического углерода (остатков растений, отмерших много лет назад) — примерно триллион тонн, что равно всем запасам угля на планете. Там же множество пузырьков CO_2 и CH_4 — продуктов разложения этих остатков, которые не могут выйти на поверхность, так как почва находится в замерзшем состоянии. Если постепенно сверху все более толстый слой почвы оттаивает, то все больше CO_2 и CH_4 будет попадать в атмосферу. Все активнее будут идти сами процессы разложения, то есть образовываться CO_2 и CH_4 . Когда в почве достаточно кислорода, то при разложении образуется CO_2 , если кислорода недостаточно, то образуется CH_4 , у которого парниковый эффект (в расчете на 1 т газа) более чем в 20 раз сильнее, чем у CO_2 .

С другой стороны, более сильный растительный покров означает более быстрое накопление в заболоченной тундре торфа, то есть многолетнюю «консервацию» органического углерода. Пока сложно сказать, насколько накопление торфа может компенсировать эмиссию CO_2 и CH_4 при таянии мерзлоты и насколько таяние мерзлоты и более высокие температуры почвенного слоя в Арктике могут повлиять на концентрации CO_2 и CH_4 в атмосфере Земли.

Чтобы выяснить это, ученые проводят экспериментальные измерения концентраций CO_2 и CH_4 в полярных районах. В высоких широтах есть станции в Канаде, США, Гренландии и на Шпицбергене, где регулярные измерения ведутся уже более 20 лет. Полученные данные ученые сравнивают с измерениями в Антарктиде, где не может быть описанных выше процессов из-за отсутствия там почвы и растительности. Тем самым удается отделить глобальный

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

рост концентраций CO_2 и CH_4 в атмосфере и арктические эффекты. Результаты показывают, что для Арктики в целом пока рано говорить о росте потоков CO_2 и CH_4 в атмосферу.

Однако есть настораживающие результаты местных исследований. В ряде болот Западной Сибири отмечается рост потока метана. Повышенные концентрации CH_4 отмечаются над Восточно-Сибирском морем, что может быть связано с разрушением метангидратов — снегообразных соединений метана, залегающих на дне мелководного шельфа и чувствительных к повышению температуры. Мнение ученых единодушно: есть потенциальная опасность, и нужно тщательно следить за происходящими процессами. В худшем случае, при резком росте эмиссии CO_2 и CH_4 , Арктика может существенно повлиять на климат Земли¹¹.

Другой негативный процесс — рост береговой эрозии, вызванный большим числом штормов и меньшим количеством льда, защищающего берега (рис. 2.9). По некоторым оценкам Россия ежегодно теряет до 30 км² своей территории за счет исчезновения земель в Арктике из-за эрозии. При этом также есть опасность эмиссии метана, немало которого содержится в почве береговых склонов.

Рис. 2.9
Примеры береговой эрозии, Новосибирские острова

Фото: Андриан Колотилин

Эрозия речных берегов также усиливается из-за более сильных паводков. В ряде мест, например на Чукотке, возможна прямая угроза прибрежным поселкам, мостам, дорогам, ЛЭП. В других местах, например на Таймыре, более раннее вскрытие рек и тая-



¹¹ См., в частности, расчеты, проведенные в Институте физики атмосферы РАН по разным сценариям антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. И. И. Мохов, А. В. Елисеев «Моделирование глобальных климатических изменений в XX–XXIII веках при новых сценариях антропогенных воздействий RCP». Доклады Академии наук 2012, том 443, № 6 http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=21731&d_no=47344

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

ние тундры мешает миграции северных оленей и нередко приводит к гибели части животных. На Кольском полуострове оленям также мешает слабый ледовый покров на реках.

Оценка изменений наземных экосистем: «есть изменения» — 2 балла.

Гидрологический режим и криосфера

Общее количество осадков в Арктике в среднем не изменилось. Но их выпадение как в мире в целом, так и в Арктике становится более неравномерным. То же количество выпадает за меньшее число более сильных дождей или снегопадов.

Кроме того, анализ спутниковых данных (1966–2011 годы) показывает одну особенность Арктики: снежный покров сейчас быстрее сокращается и сходит весной и в начале лета (в мае и особенно в июне), чем это было в 1970–1980-е годы. Период без снега наступает существенно раньше. С другой стороны, осенью снежный покров устанавливается в те же сроки, как и было в прошлом. Эта особенность одинакова и в Евразии, и в Северной Америке.

Сток крупнейших рек и в Евразии, и в Северной Америке несколько растёт. Для шести крупнейших рек Российской Арктики (Северная Двина, Печора, Обь, Енисей, Лена и Колыма) за последние двадцать лет суммарный рост составил примерно 10 км^3 в год. Это пока не очень много (при общем стоке в 1800 км^3 в год и его межгодовых колебаниях в $100\text{--}200 \text{ км}^3$). Однако прогнозы говорят о вероятном продолжении и усилении данной тенденции в ближайшие десятилетия. Поэтому вероятны более сильные паводки и подтопления населённых пунктов.

Массового разрушения ледников в высоких арктических широтах пока не отмечается. Исключение составляют ряд мест Канадской Арктики и Гренландии, где имеются шельфовые ледники, нижняя граница которых располагается на дне моря, Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и Новая Земля. На ЗФИ потери льда составляют до 4 км^3 в год. Из-за сокращения ледников Новая Земля уже сократилась более чем на 250 км^2 ¹². По прогнозам скорость сокращения площади ледников и отступления береговой линии на этих островах может увеличиться. Таяние и разрушение ледников активно идет в Гренландии, особенно в ее юго-западной части.

¹² Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 2, Росгидромет, М., 2009, <http://climate2008.igce.ru>

ТЕМА 2. ЧТО МЕНЯЕТСЯ В АРКТИКЕ И НАСКОЛЬКО ЭТО СЕРЬЕЗНО?

Таяние и разрушение — разные вещи. Часто ледник не столько тает сверху, сколько разрушается водой, затекающей по трещинам до самого его основания и играющей роль смазки для айсбергов, сползающих в море. Сейчас этот эффект наиболее заметен в Западной Антарктике, но его развитие вероятно во всех полярных регионах.

В 1990-е годы объем льдов Гренландии увеличивался, но с 2000-х годов он снижается быстрыми темпами. По некоторым оценкам, в 2011 году снижение достигло рекордной отметки в 1000 млрд т в год. Если бы Северный Ледовитый океан ежегодно терял столько же льдов, то они все бы исчезли примерно за 15 лет. Количество высвобождающейся воды таково, что оно во много раз превосходит эффект от уменьшения арктических льдов. Тем не менее, в масштабе Гренландии потери льда пока не очень велики, а для подъема уровня Мирового океана гренландские потери 2011 года означают примерно 1 мм в год.

В 2012 году в Гренландии был поставлен еще один рекорд. В первой половине июля над всем островом был очень теплый воздух. В результате если 8 июля только 40% поверхности ледников было подвержено таянию, то 12 июля, всего через 4 дня, процент возрос до 97. Некоторые СМИ даже выступили с катастрофическими прогнозами о скором исчезновении ледников Гренландии. К счастью, это было ошибкой, ведь сам факт таяния еще не означает, что оно интенсивно. Вероятно, более серьезно, что в том же июле 2012 года от гренландского ледника Петермана отломился гигантский айсберг. Его площадь примерно 60 км², а высота — 200 м. Сейчас этот гигант находится между Гренландией и Канадой и, вероятно, всем нам напоминает трагедию «Титаника», произошедшую ровно 100 лет назад¹³. Как бы далеко это место ни было от путей российских судов, очевидно, что и в 2011-м и в 2012 году мы увидели настораживающие сигналы.

В России до 60% территории всей страны занимают многолетнемерзлые грунты, называемые многолетней, или «вечной» мерзлотой. Это слой замерзшей породы, толщина которого на южной границе мерзлоты может быть всего несколько метров, а на севере, в самых холодных местах — несколько сотен метров. Летом

¹³ Более подробно о таянии Гренландии в июле 2012 года и об образовании айсберга см. <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/greenland-melt.html> на русском языке см., например, Ледники Гренландии не растают к концу лета, WWF России, 30 июля 2012 г. <http://www.wwf.ru/resources/news/article/9962>



Рис. 2.10
Анализ вертикального разреза многолетнемерзлых пород с ледяными жилами

Фото: Николай Шикломанов
Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. — М.: Росгидромет, 2012. — С. 52.
www.meteorf.ru

верхний слой мерзлоты оттаивает, в разных местах до глубины от 10 см до метра или несколько более. Любое строительство в зоне мерзлоты требует специального подхода. Нужно, чтобы сооружения стояли на крепком основании, которое бы летом не могло оттаять и поплыть.

Высокие температуры и большее количество воды ведут к просадкам земной поверхности, вызванным таянием подземных ледяных линз и слоев (этот процесс называют развитием термокарста), к более глубокому летнему протаиванию многолетней мерзлоты. Последующее замерзание, в свою очередь, ведет к пучению, когда размер образующихся бугров может достигать метра и более.

Все это приводит к разрушениям зданий и сооружений, особенно когда природные явления накладываются на бесхозяйственность — протечки водопровода, неудовлетворительное состояние канализации или водостоков с крыш, нарушение правил уборки снега и т. п. Иллюстрацией может служить обрушение секции жилого дома в июне 2001 года в поселке Черский, расположенном в верхнем течении р. Колымы (рис. 2.11). Из-за периодических утечек воды из систем водо- и теплоснабжения и сточных вод началось развитие термокарста под фундаментом здания. Повышение температуры воздуха, произошедшее в конце 1990-х годов, способствовало ускорению этого процесса, что в результате и привело к обрушению части здания. Весьма вероятно, что при отсутствии протечек воды разрушений бы не случилось, то есть

Рис. 2.11 Рухнувшее здание в пос. Черский

Фото: Владимир Романовский.
Источник: Оценочный отчет.
Основные природные и
социально-экономические по-
следствия изменения климата
в районах распространения
многолетнемерзлых пород:
прогноз на основе синтеза
наблюдений и моделирования.
Под ред. О. А. Анисимова.
СПб.: Государственный гид-
рологический институт, 2009,
стр. 18. <http://www.permafrost.su/publications>



ключевую роль играет совместное воздействие всех, в том числе и совершенно не климатических, факторов. Увы, таких примеров уже немало¹⁴.

Таяние мерзлоты по-разному проявляет себя в каждом конкретном случае. Ситуация сильно зависит от того, что конкретно находится под зданием — твердая порода, мягкий, легко деформирующийся грунт или ледяная жила, способная растаять, если до нее доберется протаивание или бесхозяйственность. Поэтому необходимо детальное обследование почвогрунтов под каждым объектом.

Оценка изменений криосферы: 3 балла — «значительные изменения».

¹⁴ Оценочный отчет. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. Под ред. О. А. Анисимова. — СПб.: Государственный гидрологический институт, 2009. — 44 с. <http://www.permafrost.su/publications> или www.greenpeace.org/russia/ru/press/reports/4607490

Резюме

В атмосфере, криосфере и гидросфере Арктики в последние десятилетия уже произошли значительные изменения. Более того, они уже повлекли ряд изменений в морских и наземных экосистемах.

Арктика сильно зависит от происходящих глобальных процессов. По масштабу изменения температуры, атмосферных и ледовых процессов Арктика опережает другие районы земного шара.

Есть опасность, что Арктика может очень сильно «ответить» всей планете — так откликнуться на изменение климата, что эффект, например, эмиссии метана и CO_2 негативно отразится на климате всей Земли.

Поэтому ей уделяется повышенное внимание ученых и мировой общественности, которая хотела бы уберечь Арктику от резких изменений, вызванных деятельностью человека. Эти изменения включают и непосредственную хозяйственную деятельность в Арктике, которую нужно вести очень осторожно, чтобы не разрушить хрупкие и уязвимые экосистемы, и глобальные выбросы парниковых газов, сажи и других веществ.

ТЕМА 3

ЛЕС И КЛИМАТ

Глобальное изменение климата воздействует на все типы растительного покрова суши, и, конечно, на леса. Рассмотрим, каковы были изменения лесного покрова при изменениях климата в прошлом; как это воздействие выражено в настоящее время и что будет происходить в недалеком будущем. В какой степени леса, в свою очередь, влияют на климатические изменения, можно ли считать леса «легкими планеты» и возможно ли бороться с глобальным потеплением за счет управления лесами¹.

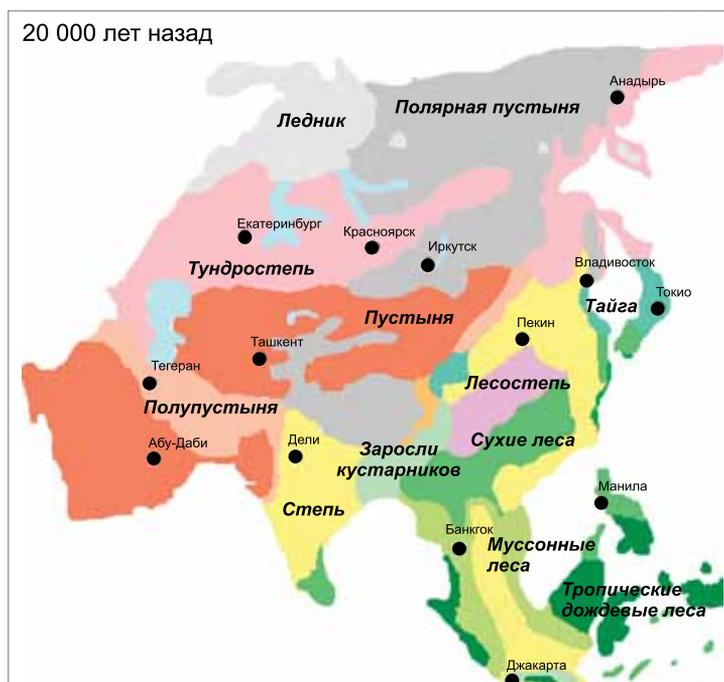
Лесные ритмы Азии в прошлом

В прошлом климат Земли испытывал неоднократные циклические колебания, временами было намного холоднее, чем в настоящее время, что приводило к оледенениям, временами — значительно теплее. История климата четвертичного геологического периода, начавшегося 2,6 млн лет назад и продолжающегося поныне, установлена вполне надежно, как и сопутствующие изменения растительного покрова. На четвертичный период пришелся ряд продолжительных оледенений. Нахождение воды в материковых ледниковых щитах и повышение ее плотности в верхнем слое океана в периоды похолоданий приводили к понижению уровня морей на 100–150 м и увеличению площади суши. При потеплении в межледниковья уровень океана временами превышал современный на 10–15 м.

Климатический оптимум (максимум температуры) предшествующего межледникового периода имел место 120–130 тыс. лет назад. По южной границе Азиатской части России температура была на 2–3 °С выше современной (точнее, той, которая была характерна для середины XX века), а вдоль северной береговой линии Сибири средняя годовая температура превышала современную более чем на 5 °С. В этот период практически вся территория Азиатской части России была покрыта широколиственными лесами, тайга присутствовала лишь в виде узкой полосы

¹ Раздел подготовлен на основе материалов автора — Д. Г. Замолодчикова, в частности, статей «Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда», «Леса и климат — вчера, сегодня, завтра», «Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия» (в соавторстве с В. И. Грабовским и Г. Н. Краевым). При построении палеокарт использованы материалы Adams J. M. (1997). Global land environments since the last interglacial. Oak Ridge National Laboratory, TN, USA. <http://www.esd.ornl.gov/ern/qen/nerc.html>.

Рис. 3.1
Растительный
покров Азии
20 тыс. лет назад



вблизи Северного Ледовитого океана. Уровень моря был намного выше, чем ныне, потому северные берега располагались южнее.

Примерно 110 тыс. лет назад начался очередной ледниковый период. Максимумы этого оледенения пришлись на промежутки 70–55 и 25–14 тыс. лет назад. 20 тыс. лет назад северо-западная часть Азиатской России находилась под ледником, доходившим на юге до современного Ханты-Мансийска, а на востоке — до Хатанги (рис. 3.1). Остальная территория Азиатской России была покрыта тундростепями² и полярными пустынями. На территории Сибири и Российского Дальнего Востока леса в то время вообще отсутствовали!

Относительно небольшие площади умеренных лесов присутствовали лишь на побережье современной Кореи и в Японии. Отметим, что уровень моря в это время был примерно на 100 м ниже современного, потому Евразия соединялась с Северной Америкой полоской суши — Берингийским «мостом». Японский архипелаг вместе с Сахалином представляли собой полуостров. Были соединены с материком многие островные территории современных Малайзии и Индонезии.

² Тундростепь — тип экосистем, развивающийся в условиях сухого и холодного климата. От современных тундр отличается замещением мохово-лишайникового покрова злаками.



Рис. 3.2
Растительный покров Азии 11 тыс. лет назад

13 тыс. лет назад происходит резкое потепление, ледник покидает северо-запад Азии, хотя еще сохраняется в Европе. За два последующих тысячелетия почти вся территория Азиатской части России покрывается лесотундрой и хвойными редколесьями (рис. 3.2). Сомкнутые таежные леса присутствуют в Корее и юго-восточном Китае. На сохраняющих связь с материком территориях Индонезии и Малайзии доминируют саванны.

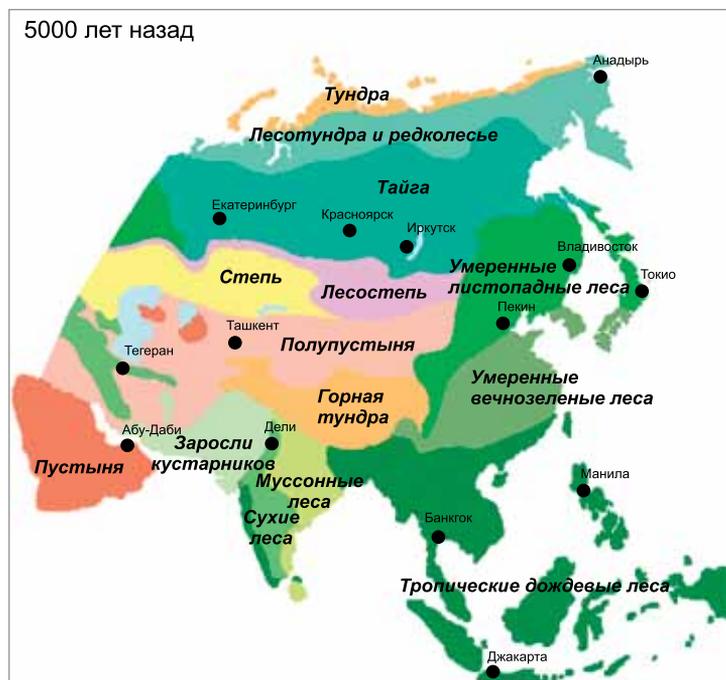
Потепление продолжает прогрессировать и 10 тыс. лет назад приводит к полному исчезновению покровного оледенения в Евразии. Это время принято за начало новой геологической эпохи — голоцена, которая продолжается и в настоящее время. Сомкнутые таежные леса распространяются по значительной части Азиатской части России (рис. 3.3). Расширяются площади листопадных и вечнозеленых умеренных лесов. Отделившиеся от материка острова Юго-Восточной Азии покрываются дождевыми тропическими лесами.

На промежуток от 7 до 5 тыс. лет назад приходится наиболее теплый и влажный период голоцена, когда температуры были на 2–3 °C выше, чем в середине XX века. Северная граница распространения леса располагается заметно севернее по сравнению с современной, расширены площади умеренных листопадных лесов. Сокращена площадь степей, отсутствуют центрально-азиатские пустыни.

Рис. 3.3
Растительный покров Азии 8 тыс. лет назад



Рис. 3.4
Растительный покров Азии 5 тыс. лет назад



5 тыс. лет назад климат несколько похолодал и, фактически, стал близок к современному, хотя некоторые колебания присутствовали и в дальнейшем (рис. 3.4). Но климат уже перестал быть главным фактором, контролирующим ритмы лесного покрова. На первый план постепенно вышло воздействие человека, сводившего леса при земледелии, строительстве поселений и дорог, изменявшего состав древесных пород при лесозаготовках и лесовосстановлении.

Тенденции современности

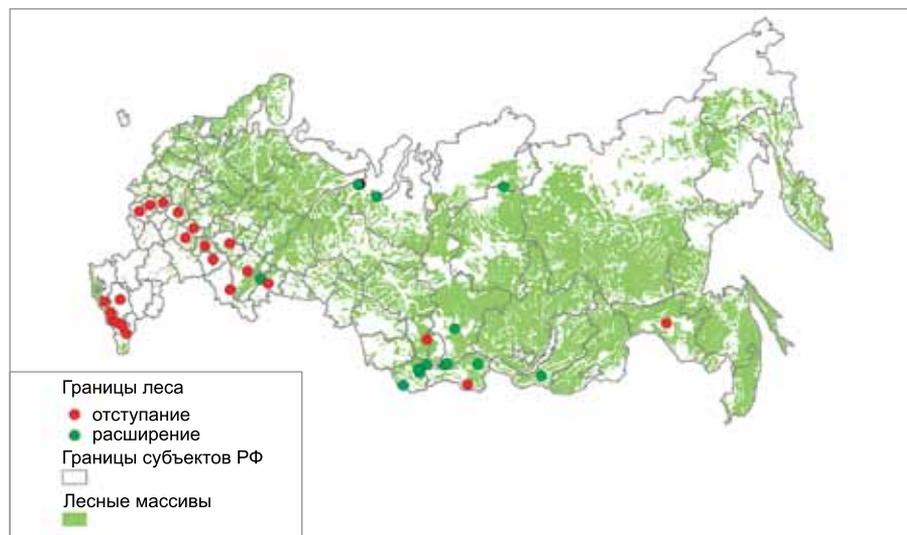
Современные климатогенные изменения наиболее ярко проявляются на северном пределе распространения леса. На Полярном Урале отмечен подъем по склонам гор древесной и кустарниковой растительности в пояс горных тундр. Верхняя граница распространения лиственничных редколесий и сомкнутых древостоев за последние 80–90 лет повысилась в среднем на 35–40 м (а в максимуме — на 50–80 м). Продвижение кустарников вверх по склону на 50 м и более описано для Хибин. Активный рост кустарниковой растительности, в особенности ив, наблюдается в восточно-европейских тундрах.

Южная граница леса тоже претерпевает изменения. Известна проблема деградации и усыхания дубрав лесостепной и степной зон европейской части России. Климатическими факторами этой деградации стали экстремально низкие зимние температуры, а также засухи. В Байкальском регионе, наоборот, наблюдается наступление сосновых лесов на степные экосистемы, что объясняется увеличением количества осадков (рис. 3.5).

Климатическое воздействие на леса зачастую имеет негативный характер, вплоть до ослабления и гибели лесных насаждений. На сегодняшний день доминирующей причиной гибели лесов в России являются лесные пожары. Однако гибель лесов от неблагоприятных погодных факторов весьма значительна и по масштабам сравнима с усыханием лесов от вспышек насекомых-вредителей. На состоянии лесов негативно сказываются засухи, приводящие к усыханию, ураганные ветры, вызывающие массовый ветровал и бурелом, ливни, во время которых происходит либо смыв отдельных участков леса, либо усыхание деревьев в результате длительного затопления. Массовое повреждение деревьев может вызываться обильно выпавшим мокрым снегом

Рис. 3.5
Экспериментально-полевые свидетельства современных изменений границ леса

Источник: Краев Г. Н., Замолдчиков Д. Г. Наблюдаемые воздействия современных климатических изменений на леса России // Экология. 2013



(снеголом) или обледенением (рис. 3.6)³. При сильном граде происходит повреждение коры ветвей, что может вызвать заметное ослабление древостоев и частичное их усыхание.

Рис. 3.6
Ледяной дождь в Подмоскovie в декабре 2010 г. и его последствия в мае 2011 г.

Фото: Дмитрий Замолдчиков

В 1999–2009 годах интенсивность гибели лесных насаждений от погодных факторов (в расчете на покрытую лесом площадь региона) была повышена в большинстве областей европейской части России, а также Алтайском крае, Оренбургской области и Хабаровском крае (рис. 3.7). В регионах северной части Сибири (Республика Саха, Красноярская край, Чукотский АО, Магаданская область) интенсивность гибели насаждений невелика либо близка к нулю.



³ Наблюдения за ледяным дождем, сделанные школьниками, приведены ниже в приложении 3. Там же дано описание данного явления.

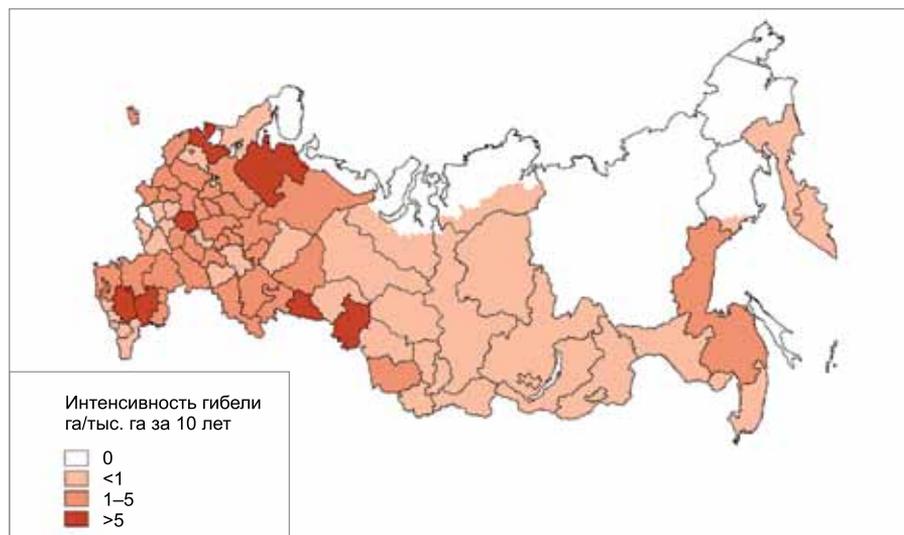


Рис. 3.7
Интенсивность
гибели лесов
России от неблагоприятных погодных факторов в 1999–2009 гг.

Источник: Замолодчиков Д. Г. Леса и климат – вчера, сегодня, завтра // Живой лес. 2011. № 3. С. 16-22. http://givoyles.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=115&Itemid=

Распределение интенсивности гибели лесных насаждений от неблагоприятных погодных факторов во многом соответствует региональным тенденциям изменения температуры воздуха и осадков. Неблагоприятное сочетание тенденций характерно для ряда регионов европейской части России, где рост температур сопровождается уменьшением количества осадков. Именно здесь ныне регистрируются наиболее высокие интенсивности гибели насаждений от погодных факторов. Сходная ситуация имеет место и на юге Дальнего Востока.

Изменения лесного покрова в условиях меняющегося климата не всегда идут постепенно, а могут сопровождаться быстрой гибелью целых лесных массивов. С одной стороны, региональные климатические тенденции оказываются неблагоприятными для существующих лесов, что приводит к их ослаблению и постепенному отмиранию доминирующих древесных пород. С другой, переходные периоды всегда чреваты нестабильностью, потому в регионах с наиболее выраженными климатическими тенденциями чаще встречаются экстремальные погодные ситуации. И именно эти кратковременные, но мощные по воздействию события становятся непосредственной причиной гибели лесов.

В лесах России имеют место направленные изменения разнообразия древесных пород, многие из которых с большой вероятностью вызваны потеплением климата. Климатогенные причины сокращения площадей твердо установлены для ели и дуба (рис. 3.8

Рис. 3.8
Изменения площадей лесов России с преобладанием различных древесных пород

Источник: Замолодчиков Д. Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 382-392. <http://elibrary.ru/item.asp?id=16824433>

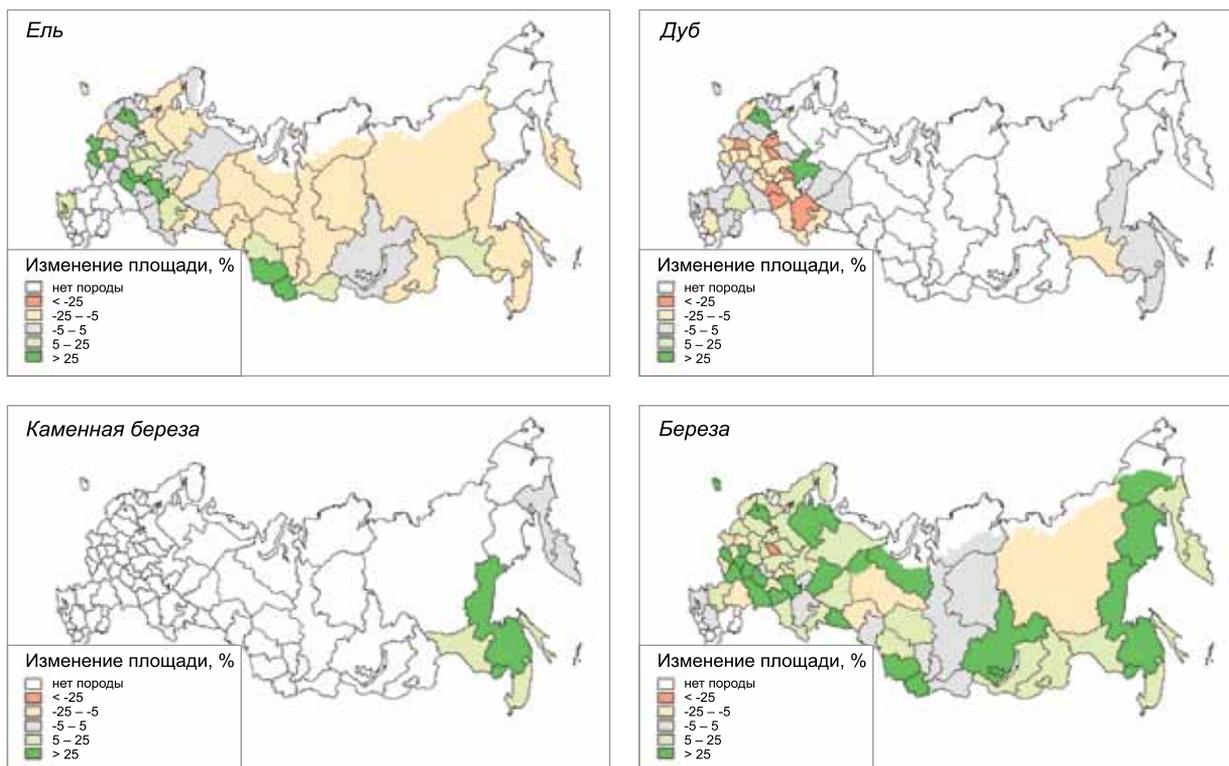
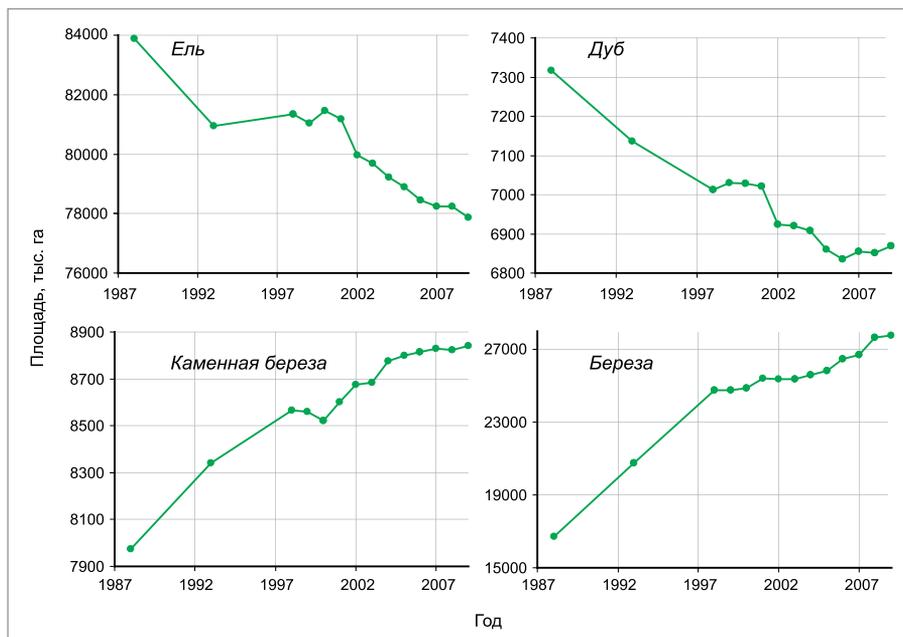


Рис. 3.9. Изменения по регионам России площадей лесов с преобладанием различных древесных пород за 1988–2009 гг.

Источник: Замолодчиков Д. Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 382-392. <http://elibrary.ru/item.asp?id=16824433>

и 3.9), вероятны для ольхи черной и тополя. Климатические причины увеличения площадей вероятны для каменной березы и древовидных ив. Наличие пространственной мозаики изменений площади хорошо заметно на примере березы (рис. 3.9). Мелколиственные породы (береза, осина, ольха) первыми возобновляются на местах вырубок и других нарушений лесного покрова, их наличие обычно рассматривается как свидетельство антропогенных преобразований хвойных лесов в результате эксплуатации. Необходимо учесть, что существует и обратный процесс — постепенная смена мелколиственных пород хвойными по мере развития лесного насаждения. При снижении годовых объемов лесозаготовок (что характерно для России с начала 1990-х годов) темпы смены мелколиственных пород хвойными должны постепенно превысить скорость образования насаждений мелколиственных пород на вырубках. Однако этого не происходит. Здесь, скорее всего, проявляется влияние климата, отрицательно воздействующего на возобновление хвойных пород, в первую очередь ели, под пологом мелколиственных пород. Следовательно, через ослабление темнохвойных лесных насаждений изменения климата способствуют расширению площадей березы, осины и ольхи.

Прогноз на будущее

Согласно прогнозам из всех лесных регионов планеты наибольшие изменения будут происходить в бореальных (северных) и умеренных районах Евразии и Северной Америки за счет смещения на север границ лес—тундра и лес—степь⁴.

При повышении температуры на 2 °С обезлесение затронет лишь юг Западной Сибири, а общая площадь лесного покрова России увеличится за счет распространения лесов в современную зону тундр.

При повышении температуры на 4 °С отступление лесов будет идти по всей южной границе их распространения, приходящейся на территорию России. Отступление лесов с юга будет более масштабным, чем их продвижение на север, в зону тундр. В частности, естественное обезлесение охватит почти всю среднюю полосу европейской части России и Западной Сибири.

⁴ Источник: Fischlin A. et al. Ecosystems, their properties, goods, and services // Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press, 2007. p. 211–272

Воздействие леса на климат

Воздействие климатических изменений на леса очевидно. Однако существует и обратное влияние леса на климат. Например, наличие леса изменяет отражающие свойства земной поверхности, тем самым изменяя количество тепла, поглощаемое поверхностью в светлое время суток. Лес влияет на гидрологический цикл и испаряемость, делая климат региона более мягким и влажным. В лесу дольше задерживается снежный покров, сглаживая весенние скачки температуры и снижая риски весеннего половодья. Но важнейшее свойство лесов, сказывающееся на глобальном климате, связано с углеродным циклом — поглощением и эмиссией CO_2 .

В процессе фотосинтеза из атмосферы поглощается углекислый газ и углерод запасается в растительной биомассе, а атмосфера обогащается кислородом. В средствах массовой информации по отношению к лесам часто употребляется термин «зеленые легкие планеты». Однако процесс газообмена леса с атмосферой не столь прост (рис. 3.10). Помимо фотосинтеза (продукции биомассы), в лесных экосистемах идут процессы дыхания (то есть разложения органического вещества). Дышат и многочисленные животные, и грибы и бактерии, разлагающие мертвые растительные остатки и органическое вещество почвы, дышат сами растения. В старовозрастных лесах величины продукции и дыхания приблизительно равны, в результате их разность, то есть годовой баланс углерода, оказывается близкой к нулю. Однако это не значит, что старовозрастные леса не играют роли в регуляции газового состава атмосферы. Просто период активного поглощения углерода в этих лесах остался в прошлом, а ныне они стали хранителями «законсервированного» углерода, то есть того, который уже не может вызывать парниковый эффект. Лес хранит углерод в биомассе растений, в мертвой древесине сухостоя и упавших деревьев, в лесной подстилке и гумусе почвы. В бореальных (северных) лесах именно почва служит главным хранилищем углерода, в то время как в тропических лесах — биомасса растений.

Молодые растущие леса по своему углеродному циклу отличаются от старовозрастных. Здесь продукционные процессы преобладают над разложением, за счет чего и происходит увеличение

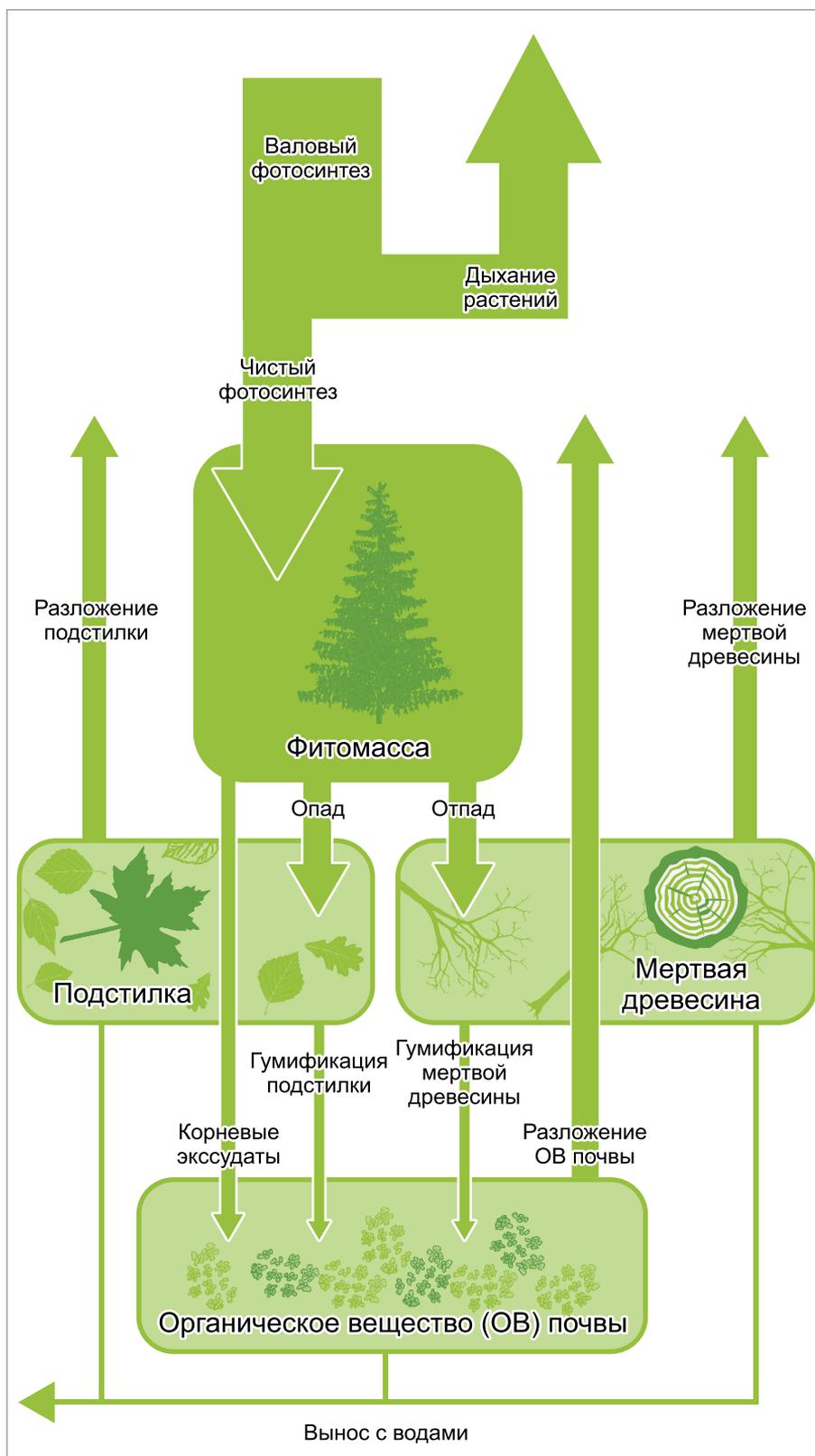


Рис. 3.10
Схема бюджета углерода лесной экосистемы.
 Некоторые термины: корневые экссудаты — растворимые органические вещества, попадающие в почву из корней растений, опад — опадающие и отмирающие части живых растений (листва, ветви, цветы, шишки и т. д.), отпад — отмирание целых деревьев, гумификация — образование гумуса почвы

Источник: Замолодчиков Д. Г. Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах (часть I) // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4. С. 15-22. http://www.wwf.ru/resources/publ/magazines/forest_mag/doc2502/page3

запасов углерода, обеспечивающее удаление (сток)⁵ углекислого газа из атмосферы. Именно молодые леса в полной мере можно считать «зелеными легкими» планеты.

Леса подвержены различным нарушающим воздействиям: рубкам, лесным пожарам, вспышкам вредителей, ветровалам, что приводит к гибели либо деградации лесов, потерям запасов углерода и эмиссии углекислого газа в атмосферу. К счастью, потери запасов углерода лесами могут быть обратимыми. Если на вырубках, гарях и местах других нарушений начинают восстанавливаться молодые леса, происходит постепенная компенсация запасов углерода при росте биомассы и пополнении других хранилищ. Если же на местах нарушений происходят изменения землепользования, например, перевод в пахотные земли или застройка территории, то компенсация потерь отсутствует.

Таким образом, уровень нарушающих воздействий становится рычагом, который управляет бюджетом углерода⁶ лесов. Этот рычаг уже в течение нескольких тысячелетий контролируется в первую очередь человеком.

Рассмотрим современные изменения углеродного бюджета лесов России (рис. 3.11). В конце 1980-х годов леса России ежегодно поглощали из атмосферы около 70 млн т углерода в год⁷. В середине 1990-х годов имело место резкое увеличение поглощения углерода. Ныне годовой сток углерода из атмосферы в леса России близок к 210 млн т.

Это связано с динамикой суммарных объемов лесозаготовок (рис. 3.12). В 1950–1980-х годах годовой объем заготовок древесины в лесах нашей страны был близок к 350 млн м³. В период социально-экономических реформ начала 1990-х годов объемы лесопользования упали до 150 млн м³ в год и фактически стабилизировались на этом уровне. Изменения режима лесопользования стали основной причиной недавнего роста поглощения

⁵ Сток углерода — такое состояние экосистемы, при котором входящие потоки углерода преобладают над исходящими, а размеры запасов углерода в различных частях экосистемы возрастают (эти запасы часто называют пулами углерода).

⁶ Бюджет углерода — совокупность потоков, обеспечивающих углеродный обмен экосистемы со внешней средой и перераспределяющих углерод между пулами экосистемы.

⁷ Конечно, леса поглощали из атмосферы не углерод, а CO₂, но, говоря о лесных экосистемах, ученые обычно переводят все потоки в тоннах CO₂ в тонны углерода (для этого тонны CO₂ надо разделить на 3,667).

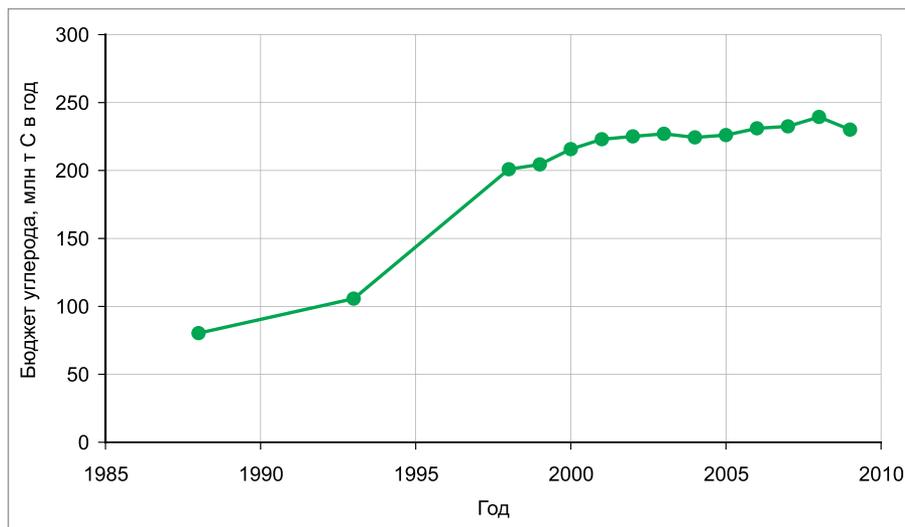


Рис. 3.11
Поглощение CO₂ из атмосферы лесами России

Источник: Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Краев Г. Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16-28. <http://elibrary.ru/item.asp?id=17097641>

углерода лесами России. Стабильность объемов лесозаготовок в 1950–1990 годах привела к возникновению устойчивой возрастной структуры российских лесов, обеспечивающей прирост древесины, компенсирующий ее изъятие с лесозаготовками. Как уже отмечалось выше, в такой ситуации углеродный бюджет лесов не должен сильно отличаться от нулевого. При сокращении лесозаготовок прирост стал превышать изъятие, что привело к росту как запасов древесины в лесах, так и усилению поглощения углерода. Эту тенденцию не смогло преломить наблюдающееся с середины 1990-х годов увеличение горимости лесов (рис. 3.12),

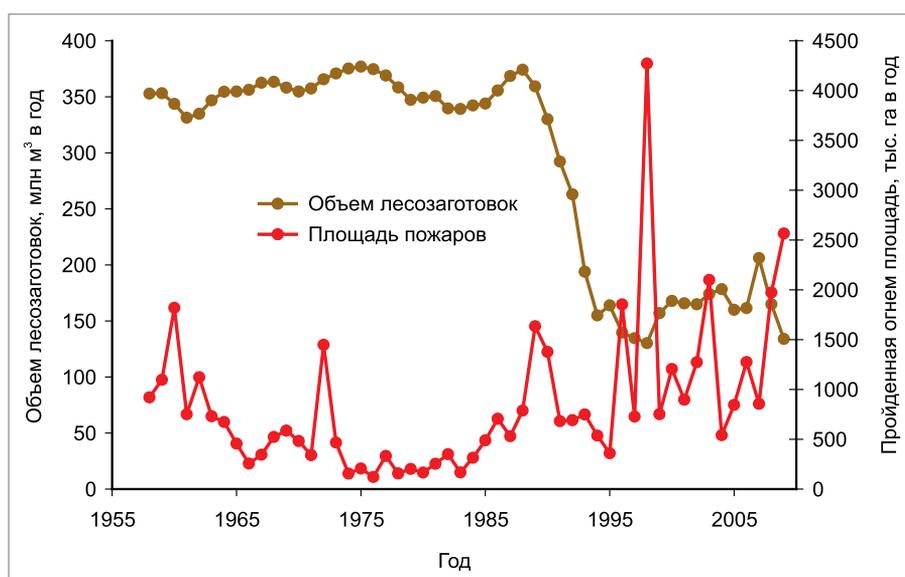
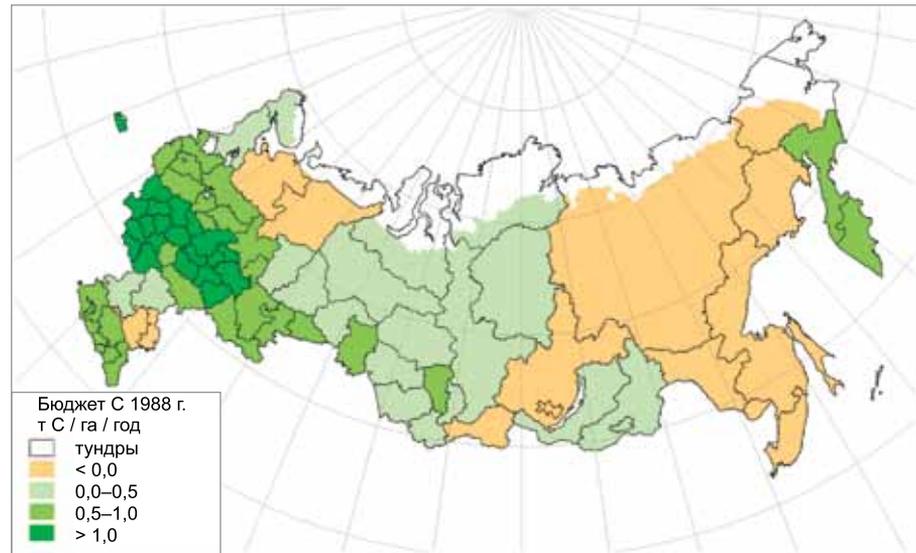


Рис. 3.12
Динамика объемов лесозаготовок и площадей лесных пожаров в России за 1958–2009 гг.

Источник: Замолодчиков Д. Г. Динамика углеродного баланса лесов России и ее вклад в изменение атмосферной концентрации углекислого газа // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2012. № 5. С. 31-38. <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=10706>

Рис. 3.13
Пространственное
распределение
углеродного
бюджета лесов
в 1988 г.

Источник: Замолодчиков Д. Г.,
 Грабовский В. И., Краев Г. Н.
 Динамика бюджета углерода
 лесов России за два последних
 десятилетия // Лесоведение.
 2011. № 6. С. 16-28.
[http://elibrary.ru/item.
 asp?id=17097641](http://elibrary.ru/item.asp?id=17097641)



связанное как со снижением усилий по охране лесов от пожаров, так и с потеплением климата.

Пространственное распределение углеродного бюджета лесов в 1988 и 2009 годах показано на рис. 3.13 и 3.14. В 1988 году леса почти всей территории Дальнего Востока, частично Восточной Сибири, а также севера европейской части России были источником углерода (рис. 3.13). К 2009 году леса этих регионов стали небольшим стоком углерода (рис. 3.14), за исключением Тувы, Магаданской области и лесной части Чукотского автономного округа. Леса с максимальными величинами стока углерода как в 1988-м, так и в 2009 году находились в средней полосе европейской части России.

Отмеченные особенности пространственного распределения стоков и источников углерода в лесах вполне объяснимы географическими особенностями осуществления лесохозяйственной деятельности. Принципиальные различия между европейско-уральской и азиатской частями России связаны с влиянием пожаров. В европейско-уральской части преобладает наземная форма организации охраны лесов от пожаров, как правило, достаточно эффективно выполняющая свои функции. В Сибири и на Дальнем Востоке велика зона космического мониторинга лесных пожаров, в которой борьба с лесными пожарами проводится лишь в том случае, когда они угрожают населенными пунктами и объектам инфраструктуры. Потому в этих регионах пожары охватывают огромные

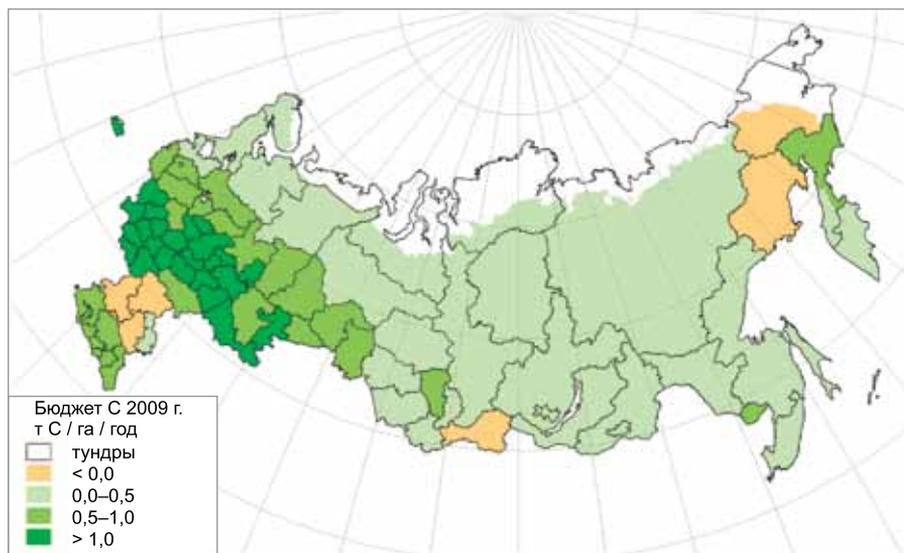


Рис. 3.14
Пространственное
распределение
углеродного
бюджета лесов
в 2009 г.

Источник: Замолодчиков Д. Г.,
Грабовский В. И., Краев Г. Н.
Динамика бюджета углерода
лесов России за два последних
десятилетия // Лесоведение.
2011. № 6. С. 16-28.
[http://elibrary.ru/item.
asp?id=17097641](http://elibrary.ru/item.asp?id=17097641)

площади и влекут за собой значительные потери углерода лесов. Причиной усиления стока углерода в леса от 1988 к 2009 году является снижение уровня заготовок древесины (см. рис. 3.12). Это снижение прошло по всей территории России, повысив сток углерода в леса европейской части и почти ликвидировав лесные источники углерода на Дальнем Востоке.

Как было рассмотрено выше, влияние климатических изменений пока проявляется разнонаправленно: расширение границ леса и увеличение скорости роста молодых насаждений на севере компенсируется ослаблением и гибелью насаждений на юге. Реализация сценария наиболее сильного потепления, при котором прогнозируется обезлесение средней полосы европейской части России и Западной Сибири, приведет к переходу хранимого лесами углерода в углекислый газ атмосферы. Это, в свою очередь, может усилить процесс потепления.

К счастью, в настоящее время леса умеренных широт являются глобальным стоком углерода. В развитых странах Евразии и Северной Америки, на территории которых находятся основные площади таких лесов, в XX веке снизились темпы роста населения, стабилизировались формы землепользования, получили широкое распространение приемы и технологии устойчивого управления лесами. Во многих странах задачи устойчивого экологического развития стали приоритетными по отношению к экономическому росту. Все эти факторы во второй половине XX века

привели к уменьшению нарушающих нагрузок на бореальные и умеренные леса, что, естественно, выразилось в увеличении ими поглощения углерода из атмосферы. Территории умеренного и бореального поясов планеты поглощают ныне около 1 млрд т углерода в год, тем самым замедляя рост содержания парниковых газов в атмосфере и снижая темпы потепления.

С углеродным балансом тропических лесов складывается менее благополучная ситуация. Во многих развивающихся странах, обладающих значительными площадями тропических лесов, продолжается их сведение с последующим переводом земель в иные типы землепользования, в первую очередь сельскохозяйственные. Этот процесс приводит к годовой эмиссии в атмосферу до 2 млрд т углерода в год. Однако в целом углеродный баланс наземных экосистем тропического пояса близок к нейтральному. Выбросы углекислого газа от обезлесения компенсируются нарастанием запасов углерода в лесах, восстанавливающихся на ранее нарушенных территориях. Кроме того, имеет место усиление стока углерода в нетронутых тропических лесах, возможно, в результате положительных эффектов глобальных изменений климата. Некоторые страны (Китай, Индия, а ранее — Коста-Рика) самостоятельно, не ожидая внешней поддержки, осуществляют программы сохранения и восстановления лесов.

Резюме

Современное потепление, все очевиднее воздействующее на леса, в очень немалой степени имеет антропогенную природу. Пока леса помогают сдерживать потепление, поглощая из атмосферы часть CO_2 , выброшенного туда человеком. Однако их возможности не беспредельны, и при усилении потепления леса могут превратиться в дополнительный источник парниковых газов. Будем надеяться, что антропогенные изменения климата все же будут остановлены раньше.

ТЕМА 4

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В предыдущих тематических разделах были рассмотрены глобальные изменения климата за последние миллионы, сотни и десятки лет, ситуация в Арктике, взаимодействие лесного покрова и климатической системы Земли. Однако для каждого из нас еще больший интерес вызывают местные изменения климата, их прогноз и возможные социально-экономические и экологические последствия, действия, которые можно предпринять для адаптации к региональным явлениям. Этому посвящен данный тематический раздел, где сначала дается общее описание изменений климата на Дальнем Востоке, а затем идут отдельные подразделы для каждого из рассматриваемых регионов. Общее описание географических особенностей, природных зон и климата различных частей страны имеется в курсе географии и здесь не дублируется.

Причины изменения климата глобальны по своей природе: движение континентов, изменения орбиты Земли и активности Солнца, извержения вулканов, когда пепел разносится по всей планете, вариации океанских течений на огромных территориях. Глобально и добавившееся к ним влияние человека: рост концентрации CO_2 и других парниковых газов, аэрозольных частиц охватывает всю атмосферу. Региональные эффекты тоже есть: например, загрязнение воздуха сажей, которая, выпадая на белый снег, резко увеличивает поглощение солнечной радиации. Однако они гораздо слабее глобальных воздействий¹.

Поэтому причины региональных изменений здесь не обсуждаются, им посвящен первый тематический раздел. Здесь рассматриваются региональные проявления глобальных изменений, которые могут сильно отличаться от средних по планете². Их социально-экономические и экологические последствия тоже индивидуальны для каждого региона³.

¹ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igce.ru>, с. 95.

² Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru, см. также: <http://climatechange.igce.ru>

³ Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011, 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>

Изменения климата на Дальнем Востоке

Температура. В целом на Дальнем Востоке среднегодовая температура увеличивается. На рис. 4.1 приведены данные для Приморья и Приамурья и для Восточной Сибири. При рассмотрении изменений климата Росгидромет использует именно такое деление и включает часть Дальнего Востока (севернее примерно 55° с.ш.) в климатический географический регион Восточной Сибири⁴.

По правилам, принятым во Всемирной метеорологической организации, во всем мире изменения температуры отсчитываются как отклонения от так называемого «базового» периода — 1961–1990 годов. Например, температура 1 января 2011 года сравнивается со средней температурой 1 января за указанные 30 лет. Эту разницу называют отклонением, или аномалией температуры 1 января 2011 года. Затем то же делают для каждого дня месяца, сезона или года в целом и суммируют полученные отклонения. В результате получается отклонение температуры за тот или иной месяц, сезон или год. Среднюю температуру определенного дня, месяца или сезона за данные 30 лет часто называют «нормой». Среднегодовые значения отклонений от «нормы» для Приамурья и Приморья и для Восточной Сибири приведены на рис. 4.1 (ниже аналогично вычисленные отклонения приводятся для метеостанций каждого отдельного региона).

При наличии больших отклонений (аномалий) метеорологи говорят о «холоде» или «жаре» в тот или иной день, месяц или год в целом. Такая терминология несколько отличается от обычного понимания холода и тепла. Например, если средняя за 1961–1990 годы температура января («норма») в вашем городе была -15°C , а в этом году -8°C , то месяц считается жарким, хотя -8°C — это довольно холодная погода. Аналогичным образом июль с температурой $+12^{\circ}\text{C}$ будет назван очень холодным, поскольку в среднем за 1961–1990 годы было $+20^{\circ}\text{C}$. По принятым правилам, день считается жарким, если температура выше «нормы» более чем на 7°C , а теплым — если она выше на $3\text{--}7^{\circ}\text{C}$. Аналогичным образом выделяют очень холодные и просто холодные дни. Для месяца, сезона и года тоже есть свои пороговые значения⁵.

⁴ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. Стр. 6. www.meteorf.ru, см. также <http://climatechange.igce.ru>. Более подробно см. описание рис. 4.2, сноска 7 на стр. 101.

⁵ Месяц считается жарким/очень холодным, если его средняя температура выше/ниже нормы на 4°C , теплым/холодным, если на $1\text{--}4^{\circ}\text{C}$ выше/ниже; для сезона пороговые значения равны 3 и $0,7^{\circ}\text{C}$, для года 0,7 и $0,4^{\circ}\text{C}$. Источник: ИА Метеоновости. http://www.hmn.ru/index1.php?code=14&value=6#c_table

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Также имеются четкие определения «волн» жары или холода, используемые медиками⁶.

Чтобы лучше видеть долгосрочные изменения (отделить их от межгодовых колебаний температуры), принято делать 11-летнее скользящее осреднение: расчет средней температуры за 5 лет назад и 5 лет вперед. Например, 11-летнее среднее для 2005 года является средним значением за 2000–2010 годы (голубая кривая на рис. 4.1).

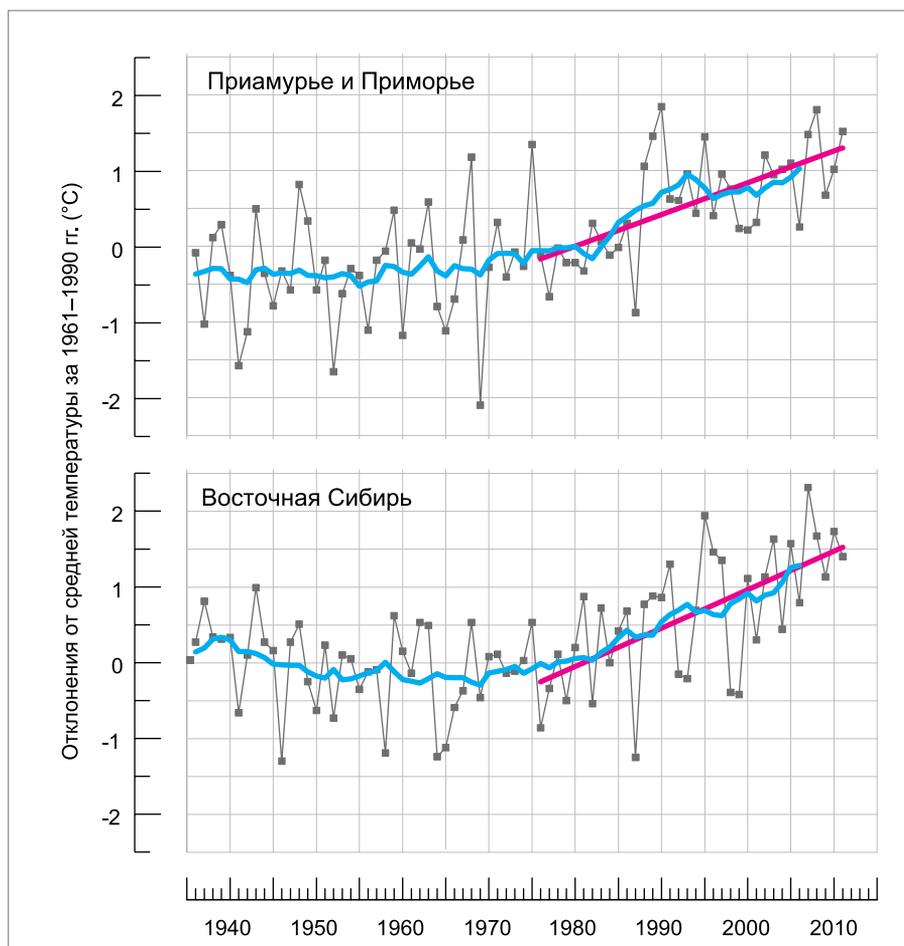


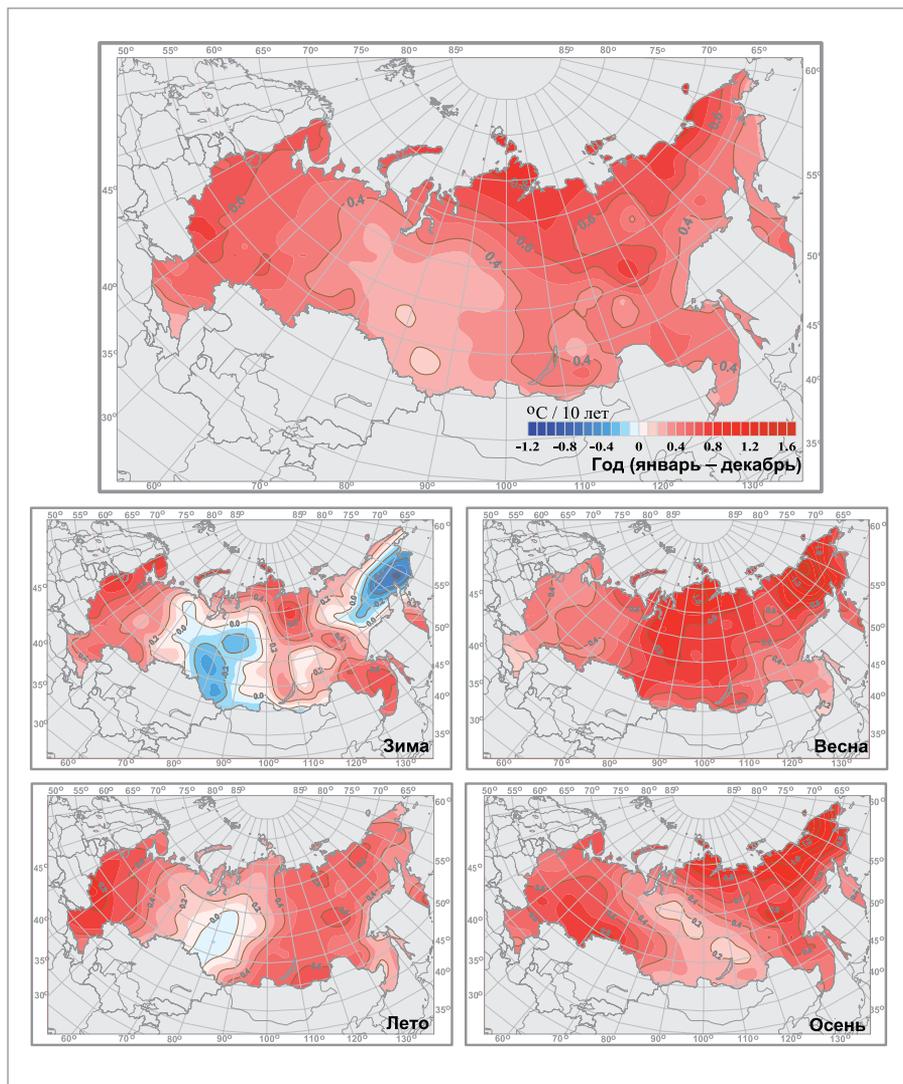
Рис. 4.1
Изменения температуры, °С (отклонения от средней за 1961–1990 гг.). Сглаженная кривая соответствует 11-летнему скользящему осреднению. Линейный тренд показан за 1976–2011 гг.

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru, см. также <http://climatechange.igce.ru>

⁶ Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 48 с. Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко 17 января 2012 г. <http://www.erh.ru/pdf/Metodicheskie%20rekomendacii%20MR%202.1.10.0057-12.pdf>. Определения «волн» жары и холода см. стр. 15 данного документа.

Рис. 4.2
Изменения
температуры
за 1976–2011 гг.,
линейный тренд
в °С/10 лет

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012, стр. 16. www.meteorf.ru



Затем делается расчет линейного «тренда» — прямой линии, которой можно описать изменение того или иного параметра (в нашем случае температуры) за определенный период (красная прямая на рис. 4.1). За начало отсчета берется середина базового периода — 1976 год, то есть рассчитывается, какой прямой линией можно описать изменение температуры за 1976–2011 годы (когда готовилась эта книга, в распоряжении авторов еще не было данных за 2012 год).

В Приморье и Приамурье с 1976 года рост температуры составил 1,5 °С, что гораздо больше, чем в среднем для всего мира — 0,6 °С (рис. 1.14), и соответствует показателю для России в целом — 1,5 °С (см. рис. 1.15). В климатическом регионе Восточной

Сибири, выделяемом Росгидрометом⁷, рост температуры немного больше — 1,8 °С.

Линейные тренды изменения температуры рассчитаны для всей территории России, и составлены соответствующие карты (рис. 4.2). По ним можно проследить, как средний по большой площади тренд, показанный на рис. 4.1, выражен в вашей местности, причем с разбиением на сезоны — можно видеть, насколько потеплели зима, лето или осень. Тренд принято выражать в °С за 10 лет (°С/10 лет), поэтому чтобы получить суммарное изменение температуры за 35 лет (с 1976 по 2011 год), нужно показанные на картах значения умножить на 3,5.

Значительное повышение среднегодовой температуры отмечается почти по всей России, исключение составляет юг и центр Западной Сибири. На севере Дальнего Востока выделяется рост весенних и осенних и снижение зимних температур. На юге Дальнего Востока, наоборот, отмечен рост зимних температур и в меньшей степени осенних температур. Весна и лето там почти не изменились.

Осадки. Изменения среднегодового количества осадков в Приморье и Приамурье и в Восточной Сибири показаны на рис. 4.3. В Приморье и Приамурье очень сильны межгодовые вариации количества осадков. В один год их мало, в другой много. При этом общий тренд за последние 35 лет практически отсутствует. В климатическом регионе Восточной Сибири (см. ниже сноску 7) в последние 20 лет количество осадков существенно возросло, но сейчас их не больше, чем в середине XX века⁸.

Для отдельных мест есть значительные тренды изменения среднегодовых и сезонных температур и осадков, которые рассматриваются ниже в разделах, посвященных отдельным краям и областям.

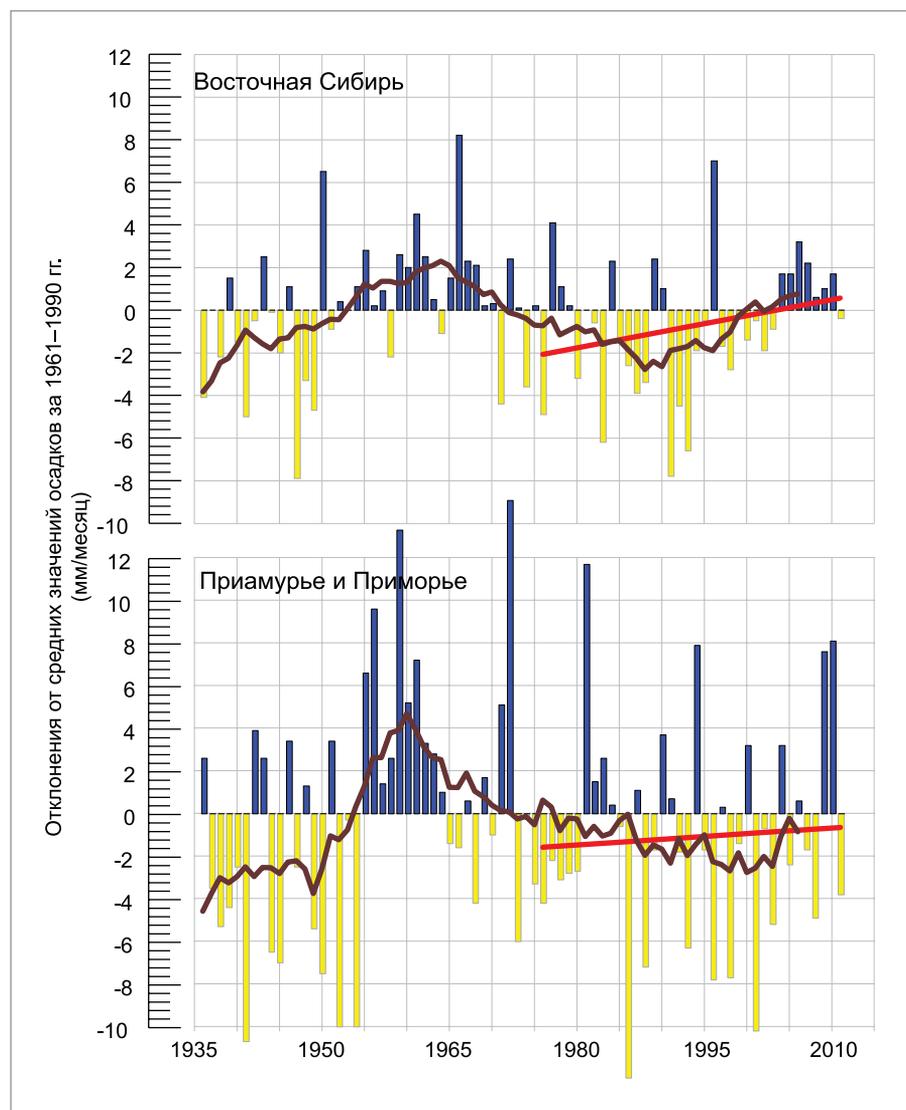
Более наглядно выглядит увеличение высоты максимального за зиму снежного покрова, быстрое весеннее таяние которого

⁷ Границы данных климатических регионов см. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. Стр. 6. [www.meteorf.ru](http://climatechange.igce.ru), см. также <http://climatechange.igce.ru>. Приморье и Приамурье включает Приморский край, Амурскую и Сахалинскую области, Еврейскую АО, южную часть Хабаровского края (южнее 55° с.ш.). Климатический регион Восточная Сибирь включает северную часть Дальнего Востока: северная часть Хабаровского края, Камчатский край, Магаданская область, Чукотский АО, восточная часть Республики Якутия (территория, ограниченная с запада реками Лена и Алдан до поселка Хандыга, и затем на юг до границы Хабаровского края).

⁸ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. [www.meteorf.ru](http://climatechange.igce.ru), см. также <http://climatechange.igce.ru>

Рис. 4.3
Осредненные
среднегодовые
аномалии осадков
(отклонения от
средних значений
за 1961–1990 гг.),
мм/месяц. Сглажен-
 ная кривая соответ-
 ствует 11-летнему
 скользящему осред-
 нению. Линейный
 тренд показан за
 1976–2011 гг.

Источник: Доклад об особен-
 ностях климата на территории
 Российской Федерации за
 2011 год. М.: Росгидромет,
 2012. www.meteorf.ru, см. также
<http://climatechange.igce.ru>



грозит сильными паводками (рис. 4.4). Этот рост неравномерен: в частности, он очень велик на севере Камчатского полуострова, в районе Магадана, на Сахалине. Однако на крайнем юге Приморского края и в районе Хабаровска рост отсутствует. На северо-западе Чукотки за последние 35 лет отмечается значительное снижение данного параметра.

Показанное на рис. 4.4 увеличение максимального по толщине снежного покрова не означает столь же сильного роста среднего за зиму снежного покрова, его изменения могут быть гораздо меньше. Подобная ситуация — одно из следствий более неравномерного режима выпадения осадков в сочетании с колебаниями температуры и таянием части снежного покрова.

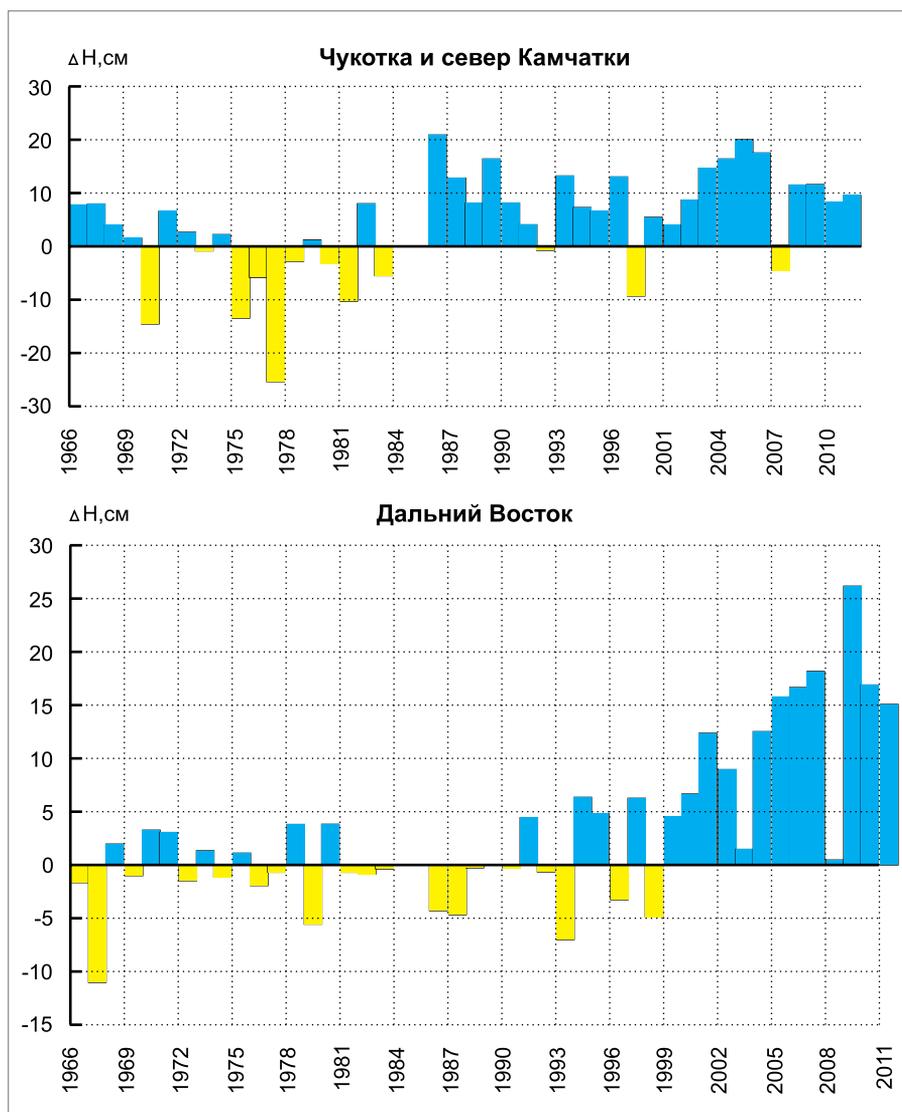


Рис. 4.4
Изменения максимальной за зимний период высоты снежного покрова, осредненной по территории Чукотки и северной части Камчатского края (вверху), и по остальной части Дальнего Востока (внизу), за ноль приняты средние значения за 1961–1990 гг.

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

При подготовке данной книги был проведен анализ произошедших изменений годового количества осадков для отдельных метеостанций, см. ниже рис. 4.8, 4.13, 4.16, 4.19, 4.22, и 4.25⁹. Можно видеть, что средние изменения за 1976–2010 годы, как правило, намного меньше, чем межгодовые вариации количества осадков. От года к году количество осадков колеблется намного сильнее, чем их средний рост за 35 лет.

⁹ Данные об осадках на отдельных станциях были обработаны и проанализированы в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН под руководством д. ф.-м. н. проф. Г. В. Грузы и д. ф.-м. н. Э. Я. Раньковой.

Опасные метеорологические явления. Наибольший ущерб и неудобства приносят опасные метеорологические явления: сильные осадки и штормовые ветра, аномально жаркая или особо холодная погода, заморозки, метели и т.п. Тенденция к увеличению числа подобных опасных явлений проявляется по всему миру. В России в 2007–2012 годах их было примерно в 2 раза больше, чем в 1998–2003 годах (более подробно см. первый тематический раздел, стр. 45). В Дальневосточном федеральном округе в 2010 году их было 93, в 2011-м — 66, а в 2012-м — 95¹⁰. Больше всего отмечено сильных осадков, сильных ветров и метелей.

Примерно вдвое увеличилось за последние 15 лет и число различных гидрометеорологических явлений (метеорологических, гидрологических, агрометеорологических), которые нанесли значительный ущерб (см. рис. 1.17). В 2012 году в России в целом был поставлен рекорд — 469 явлений. На Дальнем Востоке России, как и по всему миру, отмечается тенденция к более «экстремальному» выпадению осадков. Имеется в виду, что примерно то же количество осадков за год выпадает в виде более редких, но сильных дождей и снегопадов, вместо более равномерного выпадения более частых умеренных осадков, как это было в прошлом. Подробнее опасные метеорологические явления последних лет рассматриваются ниже для каждого из регионов.

Прогноз изменения температуры. Так как изменения климата — процесс, имеющий глобальные причины, то для региональных прогнозов среднегодовых и среднесезонных температур на ближайшие десятилетия и на XXI век используются глобальные модели, описывающие естественные и антропогенные процессы в атмосфере и океане Земли в целом. Ученые не полагаются на одну модель, а совместно используют расчеты по моделям, работающим в разных странах, в том числе и в России. В нашей стране ведущим учреждением по прогнозу изменения климата является Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (ГГО). Там построены прогностические карты, где приведены средние значения, полученные по 16 глобальным моделям (то есть каждая из приводимых цифр — это средняя из 16).

Прогноз дается для трех временных периодов: 2011–2031, 2041–2060 и 2080–2099 годов. Точности расчетов не хватает, чтобы давать прогноз на какой-либо конкретный год или несколько лет. Поэтому прогнозы даются для отклонения (превышения) средней

¹⁰ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. М.: Росгидромет, 2013. www.meteor.ru, см. также <http://climatechange.igce.ru>

Через 30–50 лет средние зимние температуры могут существенно потеплеть: на побережье Северного Ледовитого океана примерно на 5 °С, а южнее — на 3–4 °С.

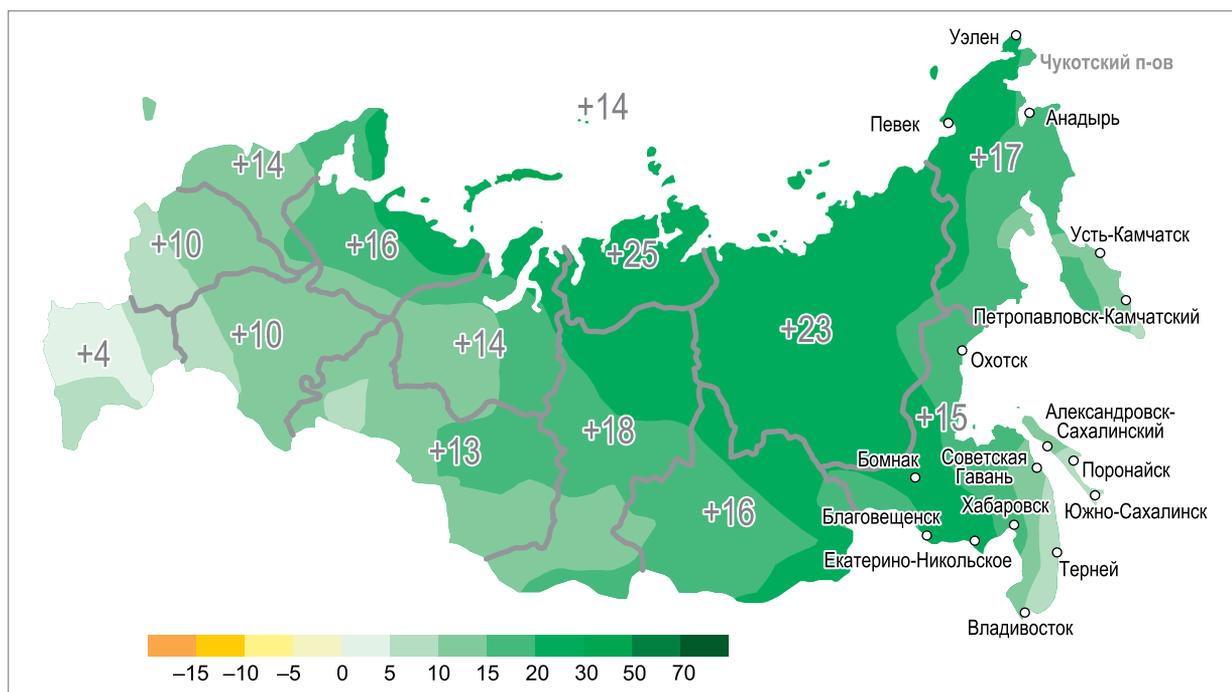
Ниже на базе карт ГГО для каждого из регионов составлены таблицы (табл. 4.1, 4.4, 4.7, 4.10, 4.13 и 4.16), где указаны диапазоны изменения температур для каждого из сезонов и за год в целом. Они представляет собой диапазоны между максимальными и минимальными значениями роста температур по разным сценариям и в разных частях данного региона. Там же для каждого из регионов обсуждается, насколько велики прогнозируемые изменения температуры для различных сезонов года в ближайшие 20 лет и через 30–50 лет.

При подготовке данной книги был специально проведен анализ произошедших изменений температуры для отдельных метеостанций (рис. 4.7, 4.12, 4.15, 4.18, 4.21 и 4.24). Затем для этих станций был сделан ориентировочный прогноз изменения средних, минимальных и максимальных за год температур на период до 2035 года (рис. 4.11, 4.14, 4.17, 4.20, 4.23 и 4.26¹²). Прогностические расчеты имеют невысокую точность, на рисунках показаны большие диапазоны между максимальными и минимальными прогностическими значениями. Поэтому расчеты были проведены только для 7 станций Дальнего Востока. Делать расчеты для большего числа станций и пытаться рассматривать различия между ними при таких диапазонах неопределенности было бы нецелесообразно.

Прогноз изменения количества осадков был составлен в ГГО аналогично описанному выше прогнозу температуры. Были рассчитаны изменения годовых и сезонных значений (в процентах) для тех же трех 20-летних периодов XXI века в сравнении с 1980–1999 годами. Дополнительно на сайте ГГО имеется карта разницы между годовым количеством осадков и испарением влаги в атмосфере.

В большинстве регионов России наибольшие изменения осадков ожидаются зимой. Поэтому на рис. 4.6 приводится карта для зимнего сезона (карты для всех сезонов и для годовых значений

¹² Данные о температуре на отдельных станциях были обработаны и проанализированы в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН под руководством д. ф.-м. н. проф. Г. В. Грузы и д. ф.-м. н. Э. Я. Раньковой, там же был составлен примерный прогноз изменений средних, максимальных и минимальных за год температур. Это так называемый статистический регрессионный прогноз (период оценки регрессии 1976–2005 годы, в качестве регрессора использована атмосферная концентрация CO₂). Он позволяет составить ориентировочное представление о возможных изменениях данных параметров.



можно посмотреть на сайте ГГО)¹³. Как и для температуры, на карте показаны расчеты для среднего из 3 сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему.

Через 30–50 лет в рассматриваемых нами регионах зимних осадков ожидается несколько больше, чем в конце XX века. Однако данный антропогенный рост (5–15%) совсем не велик и гораздо меньше естественной межгодовой изменчивости выпадения осадков.

Ниже на базе карт ГГО для каждого из регионов составлены таблицы (табл. 4.2, 4.5, 4.8, 4.11, 4.14 и 4.17), где указаны диапазоны изменения количества осадков для каждого из сезонов и за год в целом. Они представляют собой диапазоны между максимальными и минимальными значениями по разным сценариям и в разных частях данного региона. Как и для температуры, дается информация о том, насколько велики прогнозируемые изменения количества осадков в те или иные сезоны в ближайшие 20 лет и через 30–50 лет.

Прогноз числа и силы опасных метеорологических явлений — очень непростая задача с массой неопределенностей. Скорее всего,

Рис. 4.6
Прогноз изменения количества зимних осадков: на сколько процентов их среднее значение в 2041–2060 гг. (в среднем за 20 лет) будет больше, чем в 1980–1999 гг., %

Источник: ГГО
<http://www.voeikovmgo.ru>,
раздел «Изменение климата России в XXI веке»

¹³ Сайт Главной геофизической обсерватории: <http://www.voeikovmgo.ru>. Нужно выбрать справа сверху раздел «Изменение климата России в XXI веке».

экстремально высокие температуры и случаи особо сильного выпадения осадков к середине XXI века будут наблюдаться гораздо чаще, возможно, даже в 2–4 раза, чем сейчас (см. тематический раздел 1, стр. 46–48).

Ущерб растет, однако, как отмечалось в первом тематическом разделе, он в большой степени связан с элементарной бесхозяйственностью и бездумным строительством, с неготовностью руководства, различных организаций и населения во всеоружии встретить чрезвычайные ситуации и негативные последствия изменений климата. Пока нельзя определенно сказать, сколько опасных метеорологических явлений в виде штормовых ветров и сильных осадков будет наблюдаться на Дальнем Востоке России, например, через 30 лет: 30, 70 или 100 в год, если сейчас за год их примерно 40. Однако более разумно будет готовиться к худшему развитию событий.

Прогнозы социально-экономических и экологических последствий изменений климата для каждого из регионов рассматриваются отдельно. В следующих ниже региональных подразделах даются не только тренды и прогнозы температур и осадков, но и обсуждаются погодные аномалии и изменения последних лет. Там же приводится информация о региональных явлениях — местных последствиях изменений климата, которые уже наносят или в ближайшем будущем могут нанести социально-экономический или экологический ущерб. Указываются возможные меры по снижению ущерба. Кроме того, рассматриваются положительные эффекты и возможные пути их практической реализации. Основным источником информации послужил доклад, недавно подготовленный институтами Росгидромета и РАН¹⁴, а также данные, которые были специально получены из заповедников, заказников и национальных парков в процессе подготовки данной книги.

Исследования показали, что в настоящее время не просматривается одного или нескольких явлений, которые можно назвать главными региональными последствиями изменений климата и на которых надо сконцентрировать основное внимание. Имеется довольно длинный список проблем, подверженных влиянию изменений климата. Чтобы облегчить восприятие этой достаточно «пестрой» и разнородной информации, для каждого из регионов

¹⁴ Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М. Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011, 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

она приведена в виде сводной таблицы (табл. 4.3, 4.6, 4.9, 4.12, 4.15 и 4.18).

В таблицах собрана информация о вероятных последствиях изменений климата на ближайшие 10–30 лет, а не до конца XXI века или на более долгий срок. Поэтому там не отражены вероятные долгосрочные процессы, например, значительное изменение границ природных зон — зарастание тундры лесом и т.п. Таким образом, удается выделить последствия, требующие принятия мер в самом ближайшем будущем.

Чукотский автономный округ

Температура. Чукотка — по площади очень большой регион, поэтому изменения среднегодовой температуры с 1976 года там варьируют в значительных пределах. На северо-западе округа рост максимален — 2,5–3 °С, а на юго-восточном побережье он менее 1 °С¹⁵. Может сложиться впечатление, что на юго-востоке изменения малы, но это не так, поскольку среднегодовые температуры не отражают сезонной изменчивости, а она на Чукотке очень сильна. Именно на юге Чукотки наблюдается редкая для России ситуация, когда зима стала холоднее, а остальные сезоны теплее (см. рис. 4.2). На Чукотке мы видим два разнонаправленных рекорда. Нигде в России за последние 35 лет ни один сезон не по-



Рис. 4.7
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Уэлен от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

¹⁵ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

холодал так сильно, как зима на юге Чукотки. При этом в нашей стране ни один сезон не потеплел так сильно, как весна и осень на северо-западе Чукотки.

По наблюдениям на метеостанции Уэлен — крайней восточной точке России, находящейся уже в Западном полушарии, что предопределило ее выбор среди других метеостанций округа (рис. 4.7), можно видеть, что рост среднегодовой температуры очень существенен, но почти в 2 раза меньше амплитуды межгодовых колебаний. Средняя за 1961–1990 годы температура равнялась $-7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в 2000-е годы она была теплее $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Линейный тренд за 1976–2010 годы составляет $+0,59\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$.

Осадки на ст. Уэлен показывают тенденцию к снижению. В 1971–2000 годах среднее количество осадков составляло 30 мм/месяц¹⁶. Линейный тренд за 1976–2010 годы равен минус 3,5 мм/месяц за 10 лет (рис. 4.8).

Как и в случае с температурой, в отдельных местах на Чукотке осадки бьют российские рекорды. На северо-западе округа зафиксированы рекорды снижения среднегодового количества осадков — на 20–30% за последние 35 лет. В основном уменьшилось количество летних и зимних осадков, весной и осенью снижение было меньше.

На востоке округа — Чукотском полуострове — за последние 35 лет существенно (на 20–35 см) выросла величина максимально-

Рис. 4.8
Отклонение годового количества осадков на ст. Уэлен от среднего за 1971–2000 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии



¹⁶ На данной станции ряд наблюдений за осадками начинается в 1966 г., поэтому отсчет ведется не от 1961–1990 гг, а от 1971–2000 гг.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

го за зимний период снежного покрова, а на северо-западе региона она, наоборот, на столько же уменьшилась. Чукотка — яркий пример неравномерности географического распределения изменения температуры и выпадения осадков.

Многолетняя мерзлота. Чукотка находится в зоне сплошной многолетней мерзлоты, лишь на юго-восточном побережье округа мерзлота прерывистая. Характеристикой изменений мерзлоты служит, в частности, толщина сезонно-талого слоя — того, насколько глубоко летом оттаивает верхний слой грунта. На большей части округа толщина этого слоя изменилась относительно слабо, за последние 10 лет она в среднем увеличивалась примерно на 1 см в год. Однако протаивание идет неравномерно, в ряде мест, особенно где грунты содержат много льда, развиваются термокарстовые процессы — образование подземных полостей, воронок и провалов на месте тающих подземных ледяных слоев или «линз» (рис. 4.9).

Наша бесхозяйственность — протечки воды или ее затекание с крыши под здание раньше сходили с рук, но теперь часто накладываются на развитие термокарста и вызывают серьезные деформации домов или даже их разрушение (см. тематический раздел 2, рис. 2.11)¹⁷.



Рис. 4.9
Чукотка, окрестности пос. Лаврентия. Подземная ледяная линза, открывшаяся (обнажившаяся) на глубину 2 метра

Фото: Дмитрий Замолодчиков

¹⁷ Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. Под ред. О. А. Анисимова. СПб.: Государственный гидрологический институт, 2009, 44 с. <http://www.permafrost.su/publications>

Рис. 4.10
Чукотка,
пос. Лорино,
разрушение берега
(термоабразия)

Фото: Дмитрий Замолодчиков



Кроме того, наблюдается сильная эрозия берегов рек и временных водотоков. Это вызвано усилением летнего протаивания мерзлоты, неравномерного режима выпадения осадков и более теплой весной. Дополняет картину разрушение морских берегов из-за более высоких температур, меньшего количества берегового льда и большего числа штормов (рис. 4.10).

Изменения флоры и фауны. Во втором тематическом разделе, посвященном Арктике, рассматриваются изменения наземных и морских экосистем, которые происходят и на территории Чукотки, см. стр. 68–75. Тундра «зеленеет». Становится больше влаги и глубже летнее протаивание многолетней мерзлоты, активнее развивается растительный покров. Возникают трудности у белого медведя и у морских млекопитающих. Как показано во втором тематическом разделе, весной лед «исчезает» столь быстро, что белые медведи не успевают уйти вслед за своей главной добычей — нерпой и остаются на материке. Они приходят к населенным пунктам, что приводит к конфликтам с человеком. От изменения ледового режима страдают и моржи. Меняется расположение их лежбищ, в ряде случаев резко увеличивается фактор беспокойства, например, при приближении самолетов, что вызывает панику, давку и гибель животных, в основном молодняка.

Опасные метеорологические явления. По числу опасных явлений в России в целом особо выделялся 2010 год с очень холодной зимой, рекордно жарким летом и очень теплой осенью. На Чукот-

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

ке в ряде мест тоже были особенно сильные морозы. Например, в г. Анадыре в январе температура была на 10 °С ниже нормы — средних значений за 1961–1990 годы. Лето 2010 года в Чукотском автономном округе не было особенно жарким, зато рекорды высоких температур были побиты в сентябре и декабре. В некоторых местах на западе округа температура превышала норму на 8–10 °С. Другой рекорд зафиксирован зимой 2010/2011 на востоке округа — Чукотском полуострове, там высота максимально за зимний период снежного покрова в 1,5 раза превысила средние значения за 1961–1990 годы. В 2011 году отдельные месяцы тоже оказались значительно холоднее или теплее нормы¹⁸.

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что в Чукотском автономном округе можно ожидать сильного роста зимних температур (табл. 4.1). К середине XXI века зимы могут стать на 5 °С теплее, чем в конце XX века. Заметим, что это в среднем. Скорее всего, будет наблюдаться чередование обычных или более холодных зим и зим на 10 °С более теплых, что уже иные погодные условия. Прогнозируется и значительный рост осенних температур. Именно на конец сентября приходится минимум льдов в Чукотском и Восточно-Сибирском морях. В ближайшие десятилетия в сентябре-октябре эти моря, вероятно, будут практически свободны ото льда. В то же время в отдельные годы ледовая ситуация может быть достаточно сложной.

На рис. 4.11 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанции Уэлен

Таблица 4.1. Прогностическая оценка изменений температуры для Чукотского автономного округа

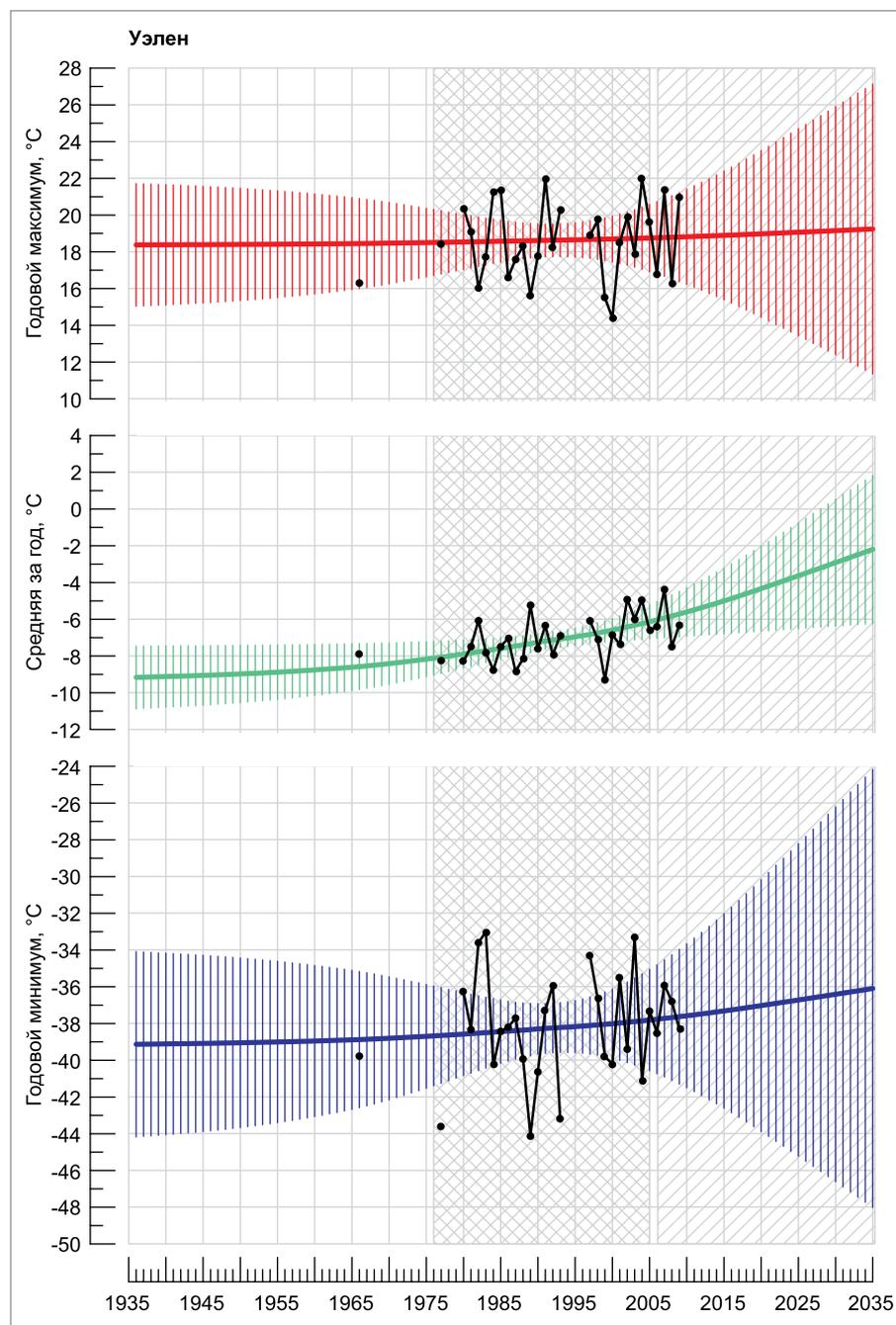
	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+1,5 – +2,5	+3 – +8
Весна	+0,5 – +1,5	+1,5 – +3
Лето	+0,5 – +1,0	+1 – +2
Осень	+1,5 – +2,5	+2,5 – +5
Год	+1,0 – +1,5	+2 – +4

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

¹⁸ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

Рис. 4.11
Данные о годовом
максимуме (вверх-
ху), минимуме
(внизу) и средне-
годовой темпера-
туре (в центре)
на ст. Уэлен и их
ориентировочный
прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза,
 Э. Я. Ранькова, Институт гло-
 бального климата и экологии,
 более детальное описание про-
 гноза см. выше на стр. 106



в 1980–2009 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года: красная, зеленая и синяя кривые соответственно. Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Можно ожидать, что средние за год температуры в пос. Уэлен за 25 лет возрастут примерно на 4 °С (диапазон изменений от 0 до 8 °С). С другой стороны, для Уэлена нельзя говорить об изменении максимальных и минимальных за год температур. На Чукотке, вероятно, проблемой будет не экстремальная температура, а большее число сильных ветров и метелей.

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6 и его описание), говорит, что в Чукотском автономном округе изменения осадков прогнозируются в сторону увеличения (табл. 4.2). Больше всего возможен рост осадков зимой и осенью, особенно на побережье Восточно-Сибирского моря. По аналогии с температурой какие-то зимы останутся обычными, а в какие-то годы в середине XXI века снега будет в 2 раза больше, чем в конце прошлого века.

Таблица 4.2. Прогностическая оценка изменений осадков для Чукотского автономного округа

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	+5 – +15	+15 – +30
Весна	0 – +10	0 – +15
Лето	0 – +10	+5 – +15
Осень	+5 – +15	+10 – +25
Год	+5 – +10	+5 – +20

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Чукотского автономного округа приведена в табл. 4.3. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале перечислены явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем — менее значительные или слабо прослеживающиеся эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата только на ближайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

Таблица 4.3. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Чукотского автономного округа

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
Усиление разрушения берегов штормами. Смыв породы, образование отвесных и даже вогнутых берегов. В ряде мест берег «съедается» на метр и более в год. Повреждения прибрежной инфраструктуры, включая навигационное оборудование	Увеличение продолжительности периода со свободными ото льда берегами. Рост числа и силы штормов в сочетании с большим летним протаиванием многолетне-мерзлых пород	Изменение береговой линии, ее отступление. Серьезная опасность для населенных пунктов и объектов прибрежной инфраструктуры , включая маяки с радиоактивными элементами питания. Особая опасность для Чукотского полуострова, где все населенные пункты прибрежные	Перенос зданий и сооружений из зоны возможного разрушения. Заблаговременное обследование объектов и выдача рекомендаций по укреплению или переносу сооружений. Меры по предотвращению потерь навигационного оборудования. Закрепление береговой линии , строительство волнорезов
Усиление эрозии берегов рек и временных водотоков, прорыв озер с дамбами из рыхлых пород с содержанием льда. Уменьшение прочности фундаментов, деформация зданий, стоящих на многолетней мерзлоте	Повышение температуры воздуха. Более резкие и сильные паводки. Рост глубины летнего протаивания почв. Увеличение числа оттепелей	Серьезная опасность для зданий и объектов инфраструктуры (дороги, мосты, ЛЭП и т. п.). Через 30 лет возможно снижение прочности опор зданий и ЛЭП в 2 раза ¹⁹	Заблаговременное обследование мест расположения объектов и выдача рекомендаций по их укреплению или переносу ²⁰ . Меры по укреплению или переносу объектов. Соблюдение правил эксплуатации ²¹ . Строительство с большим запасом прочности
Рост числа простудных заболеваний, случаев гриппа, легочных заболеваний, пневмонии, в том числе у детей ²²	Более ветреная погода с большей влажностью воздуха	Рост заболеваемости , особенно у детей, иммунитет которых в Арктике ниже, чем в более южных регионах	Разработка и реализация профилактических программ , рекомендаций для населения и специалистов в сфере здравоохранения

>>>

¹⁹ Увеличение среднегодовой температуры на 0,5 °С ведет к 5%-му ухудшению несущей способности зданий и 10%-му ослаблению опор трубопроводов и ЛЭП. Рост температуры на 2 °С — к 50%-му ухудшению для зданий и 60%-му ухудшению для опор трубопроводов и ЛЭП. *Источник:* Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climate2008.igce.ru>

²⁰ Хорошим примером такой работы может служить проведенное несколько лет назад обследование пос. Лаврентия и его окрестностей, выполненное сотрудниками Центра экологии и продуктивности лесов РАН. Оно включало полевое обследование, анализ ситуации (включая возможный прорыв озер) и выдачу рекомендаций по безопасной эксплуатации объектов, включая здания, дороги, ЛЭП, мосты и т. п.

²¹ Протечки воды в сочетании с развитием термокарста могут вызвать разрушение здания. Необходима уборка снега по периметру здания, чтобы свести к минимуму просачивание воды вдоль фундамента. Водостоки с крыши также должны быть в надлежащем состоянии.

²² Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Российской Арктики. Ревич Б. А. и др. М.: Представительство ООН в РФ, 2008, 28 стр. <http://www.unrussia.ru/sites/default/files/doc/Arctic-ru.pdf>

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Белый медведь не успевает уйти на север вслед за кромкой льдов, большое число животных остается на материковом берегу. Более частые встречи медведя с человеком. Гибель отдельных животных	Уменьшение количества морских льдов. Весной быстрое движение кромки льдов на север (вместе с границей льдов уходят тюлени – главная пища медведей)	Исчезновение летних льдов в Чукотском и Восточно-Сибирском морях. Летом переход медведей с тюленей на иную пищу (моржи, лемминги и др.). Более частые контакты медведей с человеком	Мониторинг ситуации. Предупреждение конфликтов человека и медведя, работа специальных бригад «Медвежий патруль»²³. Создание охраняемых территорий. Антибраконьерские меры
Изменение мест моржовых лежбищ. Более частые контакты моржей с людьми и белыми медведями. Фактор беспокойства, ведущий к гибели в результате паники и давки многих животных, особенно молодняка	Уменьшение количества морских льдов. Сильная береговая эрозия	Возможно значительное снижения популяции моржа	Мониторинг ситуации для заблаговременного выявления негативных эффектов. Снижение антропогенных факторов беспокойства, работа специальных бригад «Медвежий патруль»²⁴. Антибраконьерские меры
Весной или осенью при образовании ледяных корок (или «слоеного пирога» из снега и льда), а также при высоком снежном покрове олени испытывают большие трудности, чтобы добраться до корма. Гибель части животных	Чередования оттепелей и заморозков, приводящие к образованию ледяных корок. В отдельные годы очень высокий снежный покров	Более частое образование мощных ледяных корок или высокого снежного покрова. Снижение численности оленя	Мониторинг ситуации. Меры по предотвращению гибели животных²⁵
Сокращение сезонного срока службы зимних дорог (зимников). Проблемы с движением транспорта, в том числе вездеходного, значительные нарушения растительного покрова ²⁶	Повышение температуры воздуха и глубины летнего сезонного-талого слоя. Более частые оттепели	Трудности с движением транспорта. Труднодоступность ряда мест в начале и конце зимы. Значительные нарушения растительного покрова	Изменение графиков и маршрутов движения транспорта. Организация альтернативных способов сообщения. Строгое соблюдение правил передвижения вездеходного транспорта
Вселение новых видов, прежде всего, птиц. Признаки сдвига природных зон на север	Повышение температуры воздуха	Неблагоприятные условия для тундровых птиц (площадь пригодных мест обитания может сократиться)	Мониторинг состояния экосистем и популяций, разработка и реализация мер по сохранению редких видов

>>>

²³ Предупреждение конфликтов должно включать меры как по снабжению населения средствами отпугивания животных, включая резиновые пули, так и по уменьшению частоты контактов медведя и человека, в частности, очистку населенных пунктов от останков моржей и других животных, отходов, пригодных медведю для еды. Работа бригад «Медвежий патруль» включает не только эти меры, но и антибраконьерскую деятельность, наблюдение за медведями, охрану моржовых лежбищ как главных мест питания медведей и т. п. Одну из историй см. <http://www.wwf.ru/resources/features/story/47>

²⁴ В качестве примера можно назвать заблаговременное направление моржей в море перед заходом на посадку самолетов в районе пос. Рыркайпий, когда несколько лет назад там образовалось новое крупное лежбище моржей.

²⁵ Широкий набор мер: взламывание корки или прокопка в снегу траншей для доступа к пище, создание запасов корма и подкормка животных, заблаговременный перегон животных в места с более доступным кормом и т. п.

²⁶ Проблемы движения вездеходного транспорта включают и сложности с использованием старой колеи (дороги), в итоге каждый раз прокладывается новая, и тундра повреждается на большой площади.

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Позитивные			
Снижение числа обморожений, травм, сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, связанных с низкими температурами	Уменьшение числа дней с особенно низкими температурами	Уменьшение числа «холодовых» заболеваний , что не исключает их рост в отдельные годы с особо холодной зимой	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии холодных зим нужно быть к ним готовым
Проникновение на север более теплолюбивых видов	Повышение температуры воздуха и морской воды, уменьшение количества льдов	Повышение биологического разнообразия, увеличение количества пищевых ресурсов	Мониторинг ситуации и исследование последствий, чтобы заранее выявить негативные эффекты
В целом более благоприятные условия для морского судоходства	Уменьшение ледовитости морей и Северного морского пути в целом. Большой ежегодный период с открытой водой, свободной ото льда	Удешевление морских перевозок , лучшие условия для морских круизов	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии тяжелых льдов нужно быть к ним готовым. Создание надежной транспортной инфраструктуры

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igce.ru>; источники, указанные в сносках к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

Резюме. Как и в других арктических регионах, в Чукотском автономном округе негативных явлений гораздо больше, чем позитивных. При этом даже в принципе позитивные эффекты требуют осторожности. Ведь более теплый, но неустойчивый климат будет наряду с ростом средних температур преподносить немало сюрпризов в виде более частых метелей или сильных штормов.

Среди негативных эффектов преобладают связанные с эрозией морских и речных берегов, термокарстовыми процессами и транспортными проблемами.

Очень существенны могут быть негативные явления для белого медведя, моржа, северного оленя. Дать их точный прогноз пока невозможно, но, тем не менее, первоочередные действия в целом понятны и перечислены в приведенной выше таблице.

Камчатский край

Температура. С 1976 года увеличение среднегодовой температуры в крае составило примерно 1,5 °С, что соответствует среднему по России (см. рис. 4.2). Особенностью полуострова Камчатки является равномерный характер потепления, охватывающего все сезоны года. Иная ситуация в северной части края, где сильно по-

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ



Рис. 4.12
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Петропавловский маяк от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

низились зимние температуры (более чем на 2 °С). Это рекорд сезонного похолодания для всех регионов России²⁷.

По наблюдениям на метеостанции Петропавловский маяк (рис. 4.12) можно видеть, что рост среднегодовой температуры существенен, но меньше амплитуды межгодовых колебаний. Средняя за 1961–1990 годы температура равнялась +1 °С, а в 2005–2010 годах она в среднем поднялась до +2 °С. Линейный тренд за 1976–2010 годы составляет 0,36 °С/10 лет.

Осадки. Количество осадков на Камчатке за последние 35 лет не изменилось. На ст. Петропавловский маяк оно осталось на уровне 75 мм/месяц (рис. 4.13).

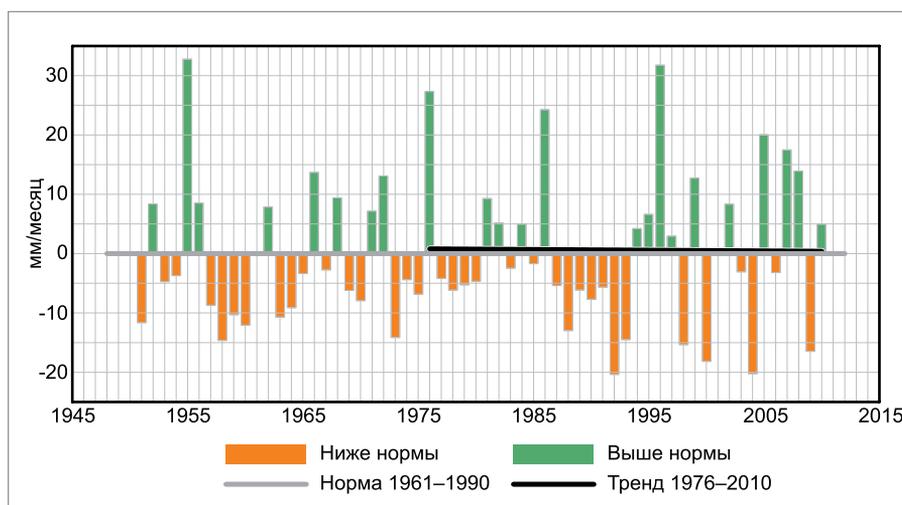


Рис. 4.13
Отклонение годового количества осадков на ст. Петропавловский маяк от нормы — среднего за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

²⁷ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год, М., 2012, Росгидромет. www.meteorf.ru

Можно отметить некоторое увеличение весенних осадков на юге полуострова. Однако самым сильным изменением стало увеличение максимальной за зимний период высоты снежного покрова на севере полуострова. Средний рост за 35 лет составлял 15–20 см/10 лет, то есть за период с 1976 года максимальная за зиму высота снежного покрова стала больше на 50–70 см. В отдельные годы количество снега теперь достигает 1,5 м. Например, в Усть-Камчатске 20 апреля 2009 года было 160 см снега, двух- и трехметровые сугробы там стали обычным явлением.

Изменения флоры и фауны. В отличие от Арктики и многих других регионов России, на Камчатке изменения климата пока проявляются гораздо слабее, поэтому сложно что-либо сказать про изменения флоры и фауны. Ученых беспокоит возможное повышение температуры нерестовых водоемов, а также вод Берингова моря, что может негативно повлиять на лососевых рыб. На Аляске негативные последствия потепления воды в реках уже отмечаются. На Камчатке информации об этом пока нет, но все происходящее надо тщательно изучать, чтобы заранее выявить негативные эффекты и свести их к минимуму.

Опасные метеорологические явления. В стране в целом особо выделялся 2010 год с резкими колебаниями температуры — очень холодной зимой и рекордно жарким летом. Камчатка также не избежала таких колебаний. Рекорды холода были побиты в марте и апреле, а рекорды тепла — в мае и декабре 2010 года. Особенно теплым был декабрь, когда в ряде мест в центральной и северной частях полуострова было на 10 °С теплее нормы (средних значений за 1961–1990 годы). С другой стороны, декабрь 2011 года был гораздо холоднее нормы, особенно на севере полуострова, где отклонение составило 6 °С²⁸.

По опасным метеорологическим явлениям на Камчатке лидируют сильные ветра, осадки и метели. Встает вопрос: стало ли больше тайфунов и будет ли Камчатка нести большой ущерб? Пока тайфунов больше не стало и прогноз для них дать невозможно.

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что в Камчатском крае можно ожидать роста температур, причем в большей степени зимой (табл. 4.4). Прогнозируется, что зимние температуры сильнее всего возрастут на севере края.

²⁸ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Тем самым сменится нынешняя тенденция, когда в северной части региона за последние десятилетия зимы стали существенно холоднее. К середине XXI века (правый столбик табл. 4.4) на севере и северо-западе Камчатки температуры могут увеличиться на 2,5–4 °С, а в центральной и южной частях полуострова на 1,5–2,5 °С.

Таблица 4.4. Прогностическая оценка изменений температуры для Камчатского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+1 – +2	+2,5 – +4
Весна	+0,5 – +1,5	+1,5 – +2,5
Лето	+0,5 – +1,0	+1,5 – +2,5
Осень	+0,5 – +1,0	+1,5 – +3
Год	+0,5 – +1,2	+1,5 – +3

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

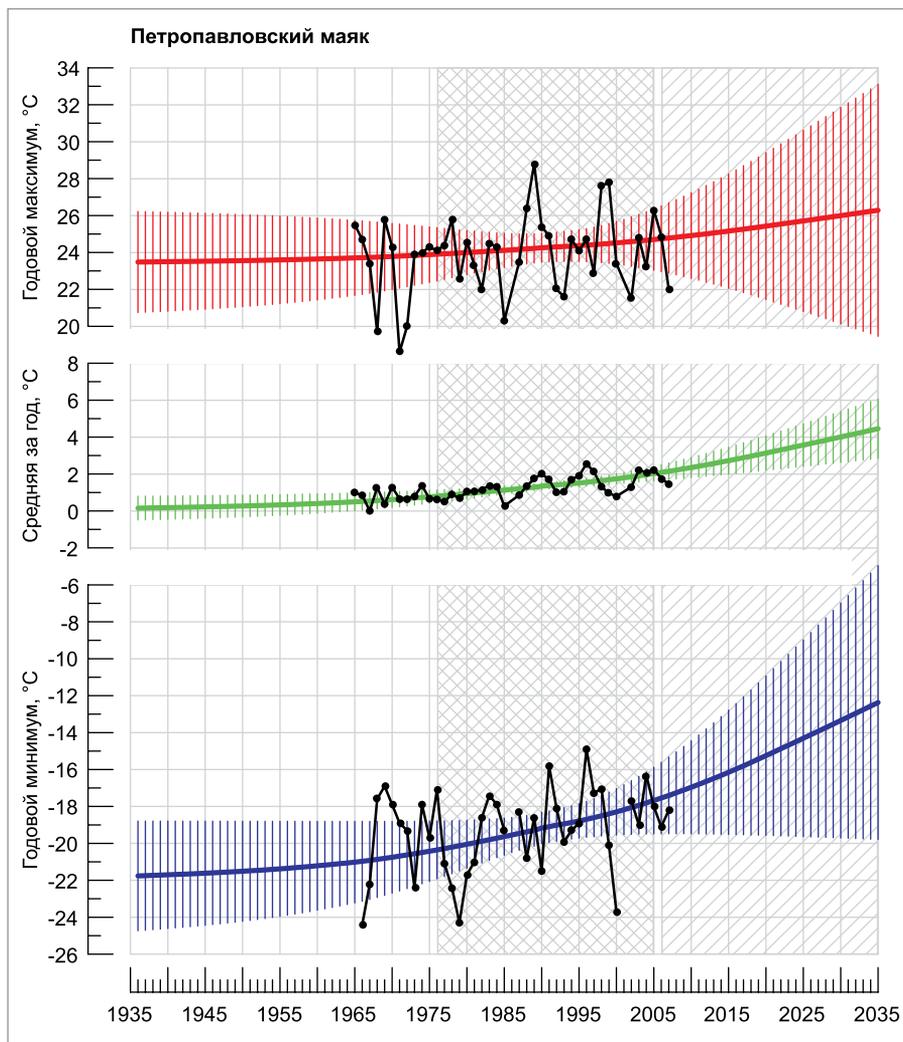
На рис. 4.14 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанции Петропавловский маяк в 1965–2007 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года (красная, зеленая и синяя кривые соответственно). Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

Согласно данному регрессионный прогнозу (детали см. сноску 12 на стр. 106), можно ожидать, что средние за год температуры в Петропавловске-Камчатском за 25 лет возрастут примерно на 2 °С (от 1 до 3 °С). Это больше, чем прогноз по моделям глобальных изменений климата, приведенный в табл. 4.4. Подобный рост — редкий случай, когда потепление превышает межгодовые колебания температуры.

С другой стороны, регрессионный прогноз не дает увеличения максимально жарких за год температур. Волны жары на Камчатке маловероятны. Однако возможно существенное изменение минимальных за год температур. По средней оценке, минимальные температуры станут не холоднее –15 °С, но неопределенность очень велика: от отсутствия изменений (морозы около –20 °С) до совсем слабых морозов (–5 – –10 °С). Вероятно, большей проблемой в регионе будут не экстремальные температуры, а сильные осадки и метели.

Рис. 4.14
Данные о годовом
максимуме (ввер-
ху), минимуме
(внизу) и средне-
годовой темпе-
ратуре (в центре)
на ст. Петропав-
ловский маяк и их
ориентировочный
прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза,
 Э. Я. Ранькова, Институт гло-
 бального климата и экологии,
 более детальное описание про-
 гноза см. выше на стр. 106



Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6 и его описание), говорит о том, что в крае можно ожидать небольшого увеличения осадков, причем в основном зимой (табл. 4.5). На севере региона к середине XXI века рост может составить 20% от среднего уровня 1980–1999 годов, а в центральной и южной частях — примерно 10%.

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Камчатского края приведена в табл. 4.6. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале

Таблица 4.5. Прогностическая оценка изменений осадков для Камчатского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	+5 – +15	+10 – +20
Весна	+5 – +10	+5 – +15
Лето	-5 – +10	-5 – +10
Осень	0 – +10	0 – +10
Год	0 – +10	+5 – +10

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

перечислены явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем — менее значительные или слабо прослеживающиеся эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата на ближайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

Таблица 4.6. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Камчатского края

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
Увеличение среднего за год числа суток с высокой пожарной опасностью на 10–40%	Повышение температуры воздуха. Увеличение частоты и продолжительности засушливых периодов	Рост числа и силы лесных пожаров. Растительность не успевает восстанавливаться после пожаров	Усиление противопожарных мероприятий, мер по профилактике пожаров и восстановлению лесов
Смещение районов зимнего выпаса оленей в вулканические долины из-за недоступности кормов в приморских тундрах	В отдельные годы очень высокий снежный покров. Более частые оттепели и заморозки, приводящие к образованию ледяного наста и мокрых снегопадов	Сильное сокращение кроночной популяции северного оленя	Искусственное подкармливание оленей в зимний период и другие меры по предотвращению гибели животных ²⁹

>>>

²⁹ Возможен широкий набор мер: создание запасов корма и подкормка животных, заблаговременный перегон животных в места, более благоприятные в смысле доступа к корму, взламывание корки или прокопка в снегу траншей для доступа к пище и т. п.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Ухудшение кормовой базы и продуктивности некоторых нерестилищ, в частности, в Кроноцком заповеднике	Повышение температуры воздуха и воды в реках	Сокращение численности лососевых рыб	Мониторинг ситуации для заблаговременного выявления негативных эффектов. Меры по воспроизводству лососевых рыб. Регулирование вылова и антибраконьерские меры
Снижение общей численности зоопланктона в Беринговом море (для подтверждения этого требуются дополнительные исследования)	Повышение температуры воздуха и морской воды. Повышение кислотности океанских вод. Возможно изменение морских течений	Сокращение численности лососевых рыб. Появление в регионе не имевшихся там ранее болезней и паразитов лососевых рыб	Мониторинг ситуации для заблаговременного выявления негативных эффектов
Более частое возникновение гололедицы на дорогах, обледенение ЛЭП	Более частые колебания температуры около нулевой отметки (чередования оттепелей и заморозков)	Возникновение аварийно-опасных ситуаций на дорогах , большой износ дорог с твердым покрытием. Обрывы проводов и другие проблемы работы ЛЭП	Мониторинг и оповещение об опасных ситуациях. Строительство дорог и ЛЭП, рассчитанных на более частое чередование оттепелей и заморозков
Рост числа простудных заболеваний, случаев гриппа, легочных заболеваний, пневмонии, в том числе у детей ³⁰	Более ветреная погода с большой влажностью воздуха	Рост заболеваемости , особенно у детей	Разработка и реализация профилактических программ , рекомендаций для населения и специалистов в сфере здравоохранения
Рост ущерба от штормовых ветров и сильных осадков на Дальнем Востоке в целом	Увеличение частоты и силы штормовых ветров и сильных осадков	Возможны серьезные разрушения в прибрежной зоне, изменение береговой линии	В будущем строительство дамб и волнорезов, перенос объектов из зон возможного затопления
Смещение сроков прилета многих видов птиц, более ранние сроки гнездования, снижение выживаемости птенцов ³¹	Повышение температуры воздуха, речных и морских вод. Возможно изменение морских течений	Возникновение неблагоприятных условий для птиц	Мониторинг состояния экосистем и популяций , разработка мер по сохранению редких видов в условиях меняющегося климата
Сокращение оледенения невулканических районов ³² , уменьшение количества снежников, сокращение площади бессточных озер со снеговым режимом питания	Повышение температуры воздуха	Уменьшение площади оледенения, исчезновение малых ледников (вероятно сохранение 70% площади льда в Ключевской группе вулканов; 50%-го оледенения в районе вулканов Шивелуч и Толбачик)	Мониторинг ситуации , чтобы заблаговременно выявить негативные эффекты

>>>

³⁰ Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Российской Арктики. Ревич Б. А. и др. М.: Представительство ООН в РФ, 2008, 28 стр. <http://www.unrussia.ru/sites/default/files/doc/Arctic-ru.pdf>

³¹ По информации из Командорского заповедника, наблюдается сокращение выживаемости потомства у морских колониальных птиц (красноногих говорушек, обыкновенных моевок и др.), возможно, из-за увеличения длительности перелетов взрослых птиц на места кормежки в результате изменения морских течений или большей температуры поверхностного слоя океана.

³² В частности, в невулканических частях Кроноцкого заповедника (в вулканических районах тенденции сокращения или роста оледенения и снежников неоднозначны) слежение за состоянием модельных ледников (Кропоткина, Исток Первой речки, Тауншиц, ледник Корято) ведется с 1972 г. Ежегодно или периодически (раз в 5 лет) регистрируются площадь ледников и объем ледовой массы. Отмечена устойчивая тенденция сокращения объема массы ледников и их площади (до 3–5% ежегодно и до 20% за период наблюдений).

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Позитивные			
В целом более благоприятные условия для сельского хозяйства	Повышение температуры воздуха	Лучшие возможности для выращивания сельскохозяйственной продукции . Потенциально возможно развитие новых отраслей сельского хозяйства	Внедрение сортов растений, приспособленных к новым климатическим условиям. При этом нужно быть готовым к экстремальным погодным явлениям
Благоприятные условия для сокращения отопительного сезона и меньшей выработки тепла	Повышение температуры воздуха	Экономия на обогреве зданий и сооружений ³³ . Продолжение данной тенденции, что не исключает отдельных лет с особо холодной зимой	Внедрение гибких схем выработки и подачи тепла . Реконструкция блочных и панельных домов
Снижение числа обморожений, травм, сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, связанных с низкими температурами	Уменьшение числа дней с особенно низкими температурами	Уменьшение числа «холодовых» заболеваний, что не исключает их рост в отдельные годы с особо холодной зимой	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии холодных зим нужно быть к ним готовым
Повышение биологической продуктивности экосистем	Повышение температуры воздуха и морской воды	Повышение продуктивности и биологического разнообразия , рост пищевых ресурсов	Мониторинг ситуации и исследование последствий, в том числе для заблаговременного выявления негативных эффектов

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igsc.ru>; источники, указанные в сноске к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

Резюме. В отличие от многих других регионов России, на Камчатке пока речь идет о потенциальных опасностях изменения климата, а не о зримых сегодняшних потерях. Есть риск увеличения частоты штормовых ветров и сильных осадков, но он пока не проявился настолько четко, чтобы строить защитные сооружения или переносить объекты в другие места. Возможно сокращение численности лососевых рыб, но и здесь речь пока идет об исследовании и мониторинге ситуации, а также о развитии обычной деятельности по поддержанию рыбных запасов, которая пока не учитывает эффектов изменения климата.

Среди сегодняшних явлений стоит отметить повышение пожароопасности лесов и проблемы с кронуцкой популяцией северного оленя. Есть информация о смещении сроков прилета птиц и сокращении ледников. Вероятно, в ближайшие годы мы

³³ По прогнозу возможного сокращения отопительного сезона Камчатка занимает одно из первых мест в России. Однако это лишь среднегодовой показатель. Данная тенденция не исключает холодных зим с длительными морозами, что делает необходимым наличие соответствующих отопительных мощностей.

получим больше данных и более явные проявления изменения климата.

Позитивные эффекты также возможны, но надо еще суметь использовать новые условия, чтобы сократить расходы на отопление или воспользоваться лучшими возможностями для сельского хозяйства.

Сахалинская область

Температура. С 1976 года увеличение среднегодовой температуры на острове Сахалин (без Курильских островов) на севере составило примерно $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на юге $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отличием Сахалина от других регионов стал почти равномерный характер потепления, охватывающий все сезоны. Несколько сильнее потепление проявилось зимой и осенью, несколько слабее весной и летом, но в целом сезоны отличаются друг от друга намного меньше, чем в большинстве регионов России³⁴.

По наблюдениям на метеостанции Александровск-Сахалинский, находящейся в центральной части острова (см. карту на рис. 4.5), можно видеть, что рост среднегодовой температуры существенен, но меньше амплитуды межгодовых колебаний (рис. 4.15). Средняя за 1961–1990 годы температура равнялась $+0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а к 2010 году она поднялась более чем на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Линейный тренд за 1976–2010 годы составил $0,38\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что хорошо совпадает с его значениями для Петропавловска-Камчатского и Советской Гавани.

Рис. 4.15
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Александровск-Сахалинский от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии



³⁴ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год, М., 2012, Росгидромет. www.meteorf.ru

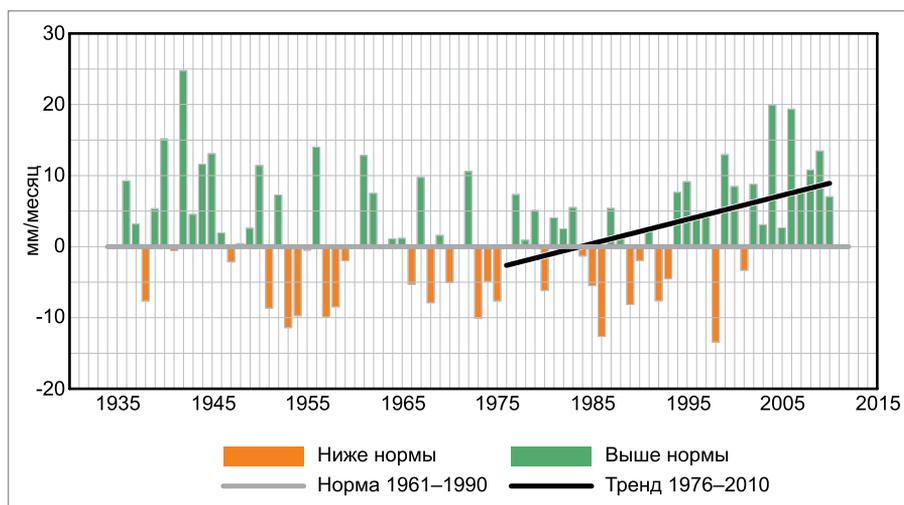


Рис. 4.16
Отклонение годового количества осадков на ст. Александровск-Сахалинский от нормы — среднего за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

Осадки. Годовое количество осадков в целом на Сахалине за последние 35 лет изменилось мало. Однако в отдельные сезоны в тех или иных частях области изменения существенны. На 15–20%, а в ряде мест и более, увеличилось количество зимних осадков. На юге острова такое увеличение коснулось и весенне-летних осадков. На несколько дней увеличилась продолжительность периода со снежным покровом. На Курилах, в частности, в Курильском заповеднике, наоборот, за последние 25 лет отмечается уменьшение количества зимних осадков.

Наблюдения на ст. Александровск-Сахалинский показывают рост среднегодового количества осадков (рис. 4.16). Относительно нормы — среднего количества в 1961–1990 годах, когда выпадало 53 мм/месяц, — увеличение составило около 10 мм/месяц (линейный тренд равен 3,4 мм в месяц/10 лет).

Сильным изменением стало увеличение максимальной за зимний период высоты снежного покрова. За последние 35 лет рост составил 15–40 см, а в ряде мест, например в Поронайске или на крайнем севере Сахалина, — даже больше. Увеличился и общий запас влаги в снежном покрове. Кроме того, на Сахалине наблюдается сильная неравномерность выпадения снега — в виде небольшого числа сильных снегопадов. Такая ситуация наглядно проявилась в Поронайске зимой 2009/2010, когда в середине апреля разом выпало 25 мм осадков и высота снежного покрова достигла 130 см, после чего осадков не было и шло быстрое таяние снежного покрова.

Изменения флоры и фауны. Как и на Камчатке, на Сахалине изменения климата пока проявляются гораздо слабее, чем в других

регионах, поэтому сложно что-либо сказать про изменения флоры и фауны. Ученых беспокоит возможное повышение температуры нерестовых водоемов, что может негативно повлиять на лососевых рыб (см. подраздел по Камчатскому краю, стр. 120).

Опасные метеорологические явления. В стране в целом особо выделялся 2010 год с резкими колебаниями температуры — очень холодной зимой и рекордно жарким летом. Сахалин также не избежал резких колебаний. Зима 2010 года был теплой, особенно на севере острова. Затем, после холодной весны, июня и июля, наступил очень жаркий август с рекордно высокими температурами по всей территории острова. Однако особенно выделился Сахалин сильным снегопадами. В декабре 2010 года во многих населенных пунктах месячная норма была превышена в 4–5 раз. В Поронайске выпало 215 мм осадков, что составило более пяти месячных норм. Зимой 2010/2011 период со снежным покровом длился на 20–40 дней дольше, чем обычно. В 2011 году на острове было тоже зафиксировано немало рекордных значений — высоких температур в январе, июле и ноябре³⁵.

По опасным метеорологическим явлениям на Сахалине лидируют штормовые ветра, сильные осадки и метели. Ученые пытаются понять, стало ли больше тайфунов и будет ли от них больший ущерб. Пока роста числа тайфунов в мире в целом не отмечается, а ущерб увеличивается в основном из-за роста численности населения и количества хозяйственных объектов в местах их прохождения.

Прогноз изменения температуры. Полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что на Сахалине можно ожидать роста темпе-

Таблица 4.7. Прогностическая оценка изменений температуры для острова Сахалин

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+1 – +2	+2 – +4
Весна	+0,5 – +1,5	+1,5 – +2,5
Лето	+0,5 – +1,0	+1,0 – +2,5
Осень	+0,5 – +1,5	+1,5 – +2
Год	+0,5 – +1,5	+1,5 – +3

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

³⁵ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

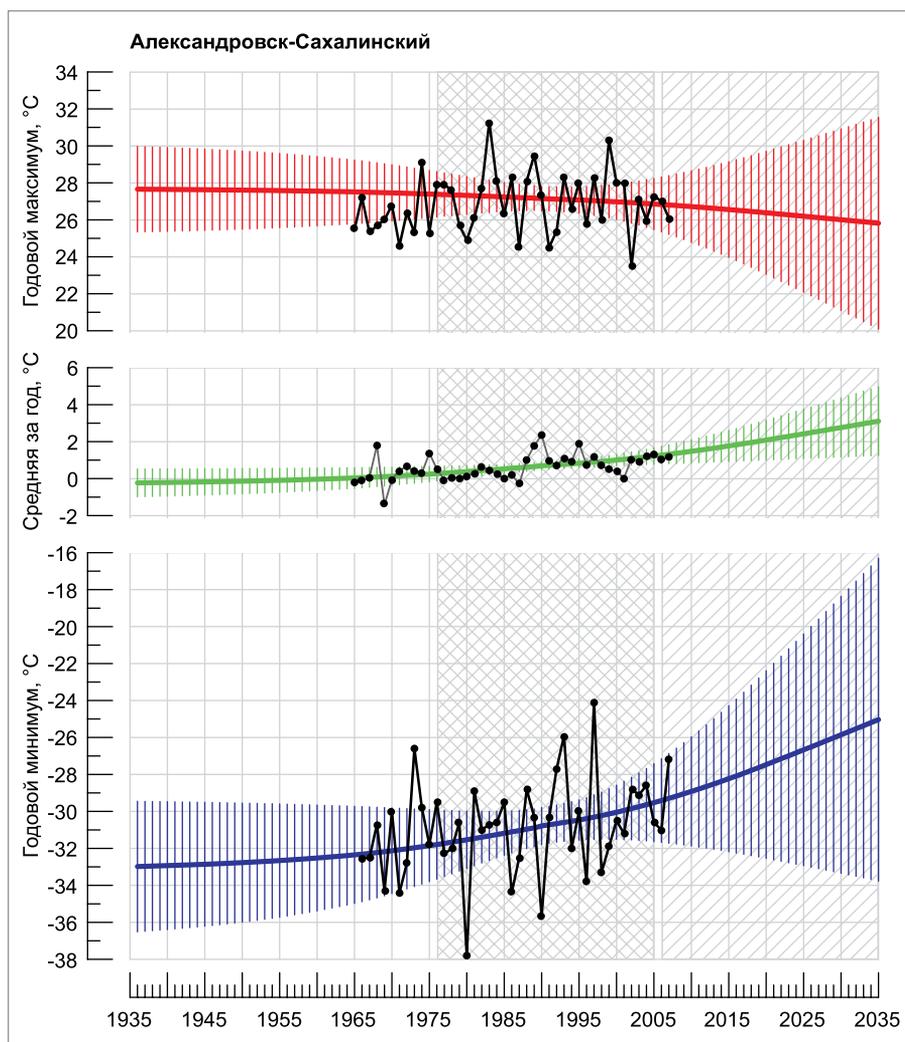


Рис. 4.14
Данные о годовом максимуме (вверху), минимуме (внизу) и среднегодовой температуре (в центре) на ст. Александровск-Сахалинский и их ориентировочный прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, более детальное описание прогноза см. выше на стр. 106

ратур, причем в большей степени зимой (табл. 4.7). Прогнозируется, что к середине века (правый столбик табл. 4.7) увеличение зимних температур будет сильнее всего на севере острова. Для летних температур ситуация обратная — на севере вероятен рост на 1 °С, а на юге — в 2 раза больше.

На рис. 4.17 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанции Александровск-Сахалинский в 1965–2007 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года (красная, зеленая и синяя кривые соответственно). Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

Можно ожидать, что средние за год температуры в Александровске-Сахалинском за 25 лет возрастут примерно на 2 °С, что несколько больше, чем приведенная в табл. 4.7 оценка для всего Сахалина.

Для этой станции, то есть для западного побережья острова (см. карту на рис. 4.5), данный прогноз не позволяет говорить об изменении максимально жарких за год температур. Возможно, они даже станут меньше. Однако можно ожидать существенного изменения минимальных за год температур. По средней оценке минимальные температуры станут не холоднее –25 °С, но неопределенность прогноза очень велика: от отсутствия изменений (морозы до –33 °С) до ослабления максимальных морозов до –20 °С. На Сахалине большей проблемой будут не экстремальные температуры, а возросшее число сильных осадков и метелей.

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6 и его описание), говорит о том, что можно ожидать небольшого увеличения осадков (табл. 4.8). Рост более вероятен для севера острова, но и там он невелик. Скорее нужно ориентироваться на рост неравномерности выпадения примерно того же количества осадков. Очень сильные отдельные дожди и снегопады могут приводить к большому числу негативных последствий.

Таблица 4.8. Прогностическая оценка изменений осадков для острова Сахалин

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	0 – +15	0 – +15
Весна	0 – +15	0 – +15
Лето	-5 – +10	0 – +10
Осень	-5 – +5	-5 – +5
Год	0 – +5	0 – +10

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Сахалинской области приведена в табл. 4.9. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале перечислены

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем — менее значительные или слабо прослеживаемые эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата только на ближайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

Таблица 4.9. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Сахалинской области

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
Интенсификация размыва русел рек и ручьев	Большая частота сильных осадков, более сильные паводки	Аварийные ситуации, подмыв объектов инфраструктуры, повреждения подводных участков трубопроводов	Укрепление берегов , повышение прочности конструкций, перенос объектов инфраструктуры
Рост ущерба от штормовых ветров и сильных осадков на Дальнем Востоке в целом	Увеличение частоты и силы штормовых ветров и сильных осадков	Возможны серьезные разрушения в прибрежной зоне, изменение береговой линии	В будущем строительство дамб и волнорезов , перенос объектов из зон возможного затопления
Более частое возникновение гололедицы на дорогах, обледенение ЛЭП	Более частые колебания температуры около нулевой отметки (чередования оттепелей и заморозков)	Возникновение аварийноопасных ситуаций на дорогах , большой износ дорог с твердым покрытием. Обрывы проводов и другие проблемы работы ЛЭП	Мониторинг и оповещение об опасных ситуациях. Строительство дорог и ЛЭП, рассчитанных на более частое чередование оттепелей и заморозков
Смещение сезонов, сроков прилета многих видов птиц и тому подобные эффекты ³⁶	Повышение температуры воздуха, речных и морских вод. Возможно изменение морских течений	Неблагоприятные условия для отдельных видов и экосистем	Мониторинг состояния экосистем и видов , разработка и реализация мер по их сохранению
Ухудшение кормовой базы и продуктивности некоторых нерестилищ	Повышение температуры воздуха и воды в реках	Сокращение численности лососевых рыб	Мониторинг ситуации , чтобы заблаговременно выявить негативные эффекты. Меры по воспроизводству лососевых рыб. Регулирование вылова и антибраконьерские меры
Снижение общей численности зоопланктона в северной части Тихого океана (информация требует уточнения)	Повышение температуры воздуха и морской воды. Повышение кислотности океанских вод. Возможно изменение морских течений	Сокращение численности лососевых рыб. Появление в регионе не имевшихся там ранее болезней и паразитов лососевых рыб	Мониторинг ситуации , чтобы заблаговременно выявить негативные эффекты

>>>

³⁶ По информации из Курильского заповедника, ранее зима на Южных Курилах наступала к середине декабря (устанавливался снежный покров). За последние 10 лет начало зимы постепенно отодвигается, и сейчас снежный покров обычно устанавливается к началу января. Вместе с тем весна также начинается позже, снег сходит к началу мая, а листья на большей части острова Кунашир разворачиваются к середине июня. Тем не менее, осень наступает вовремя — в сентябре, но она стала длиннее.

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Позитивные			
Благоприятные условия для сокращения отопительного сезона и меньшей выработки тепла	Повышение температуры воздуха	Экономия на обогреве зданий и сооружений. Данная тенденция не исключает отдельных холодных зим, что делает необходимым наличие соответствующих отопительных мощностей	Внедрение гибких схем выработки и подачи тепла. Реконструкция блочных и панельных домов
Снижение числа обморожений, травм, сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, связанных с низкими температурами	Уменьшение числа дней с особенно низкими температурами	Уменьшение числа «холодовых» заболеваний, что не исключает их рост в отдельные годы с особо холодной зимой	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии холодных зим нужно быть к ним готовым
В целом более благоприятные условия для сельского хозяйства	Повышение температуры воздуха	Лучшие возможности для выращивания сельскохозяйственной продукции. Потенциально возможно развитие новых отраслей сельского хозяйства	Внедрение сортов растений, приспособленных к новым климатическим условиям. При этом нужно быть готовым к экстремальным погодным явлениям
Повышение биологической продуктивности экосистем	Повышение температуры воздуха и морской воды	Повышение продуктивности и биологического разнообразия , рост пищевых ресурсов	Мониторинг ситуации и исследование последствий, в том числе чтобы заранее выявить негативные эффекты

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igce.ru>; источники, указанные в сносках к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

Резюме. В отличие от многих других регионов России, на Сахалине пока речь идет о потенциальных опасностях изменения климата, а не о зримых сегодняшних потерях. Есть риск увеличения частоты штормовых ветров и сильных осадков, но он пока не проявился настолько четко, чтобы строить защитные сооружения или переносить объекты на другие места. Есть риск сокращения численности лососевых рыб, но и здесь речь пока идет об исследовании и мониторинге ситуации, а также о развитии обычной деятельности по поддержанию рыбных запасов.

Позитивные эффекты также возможны, но надо еще суметь использовать новые условия, чтобы сократить расходы на отопление или воспользоваться лучшими возможностями для сельского хозяйства.

Возможно, что более сильные последствия изменений климата будут наблюдаться на Курильских островах, где уже происходит «смещение» сезонов (изменились сроки установления снежного покрова, даты прилета птиц, отмечаются и другие эффекты). Ве-

роятно, и на Курилах, и на острове Сахалин в ближайшие годы будет получено больше данных о проявлениях изменения климата.

Хабаровский край

Температура. С 1976 года увеличение среднегодовой температуры в крае составило примерно $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует среднему по России (см. рис. 4.2). При этом в южной части региона потепление в большей степени выражено зимой (температура увеличилась примерно на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$), а в меньшей — летом. В северной части, наоборот, средние за зиму температуры практически не изменились, зато осень в ряде мест потеплела на $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ³⁷.

По наблюдениям на метеостанции Советская Гавань³⁸ (см. карту на рис. 4.5) можно видеть, что рост среднегодовой температуры существенен, но меньше амплитуды межгодовых колебаний (рис. 4.18). Средняя за 1961–1990 годы температура равнялась $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в 2005–2010 годах она поднялась на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Линейный тренд потепления за 1976–2010 годы составил $0,32\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что практически совпадает с его значениями на других прибрежных дальневосточных станциях, рассмотренных в данном разделе: Александровск-Сахалинский, Петропавловск-Камчатский и Владивосток, но меньше, чем на внутриматериковой станции Бомнак (рис. 4.21).

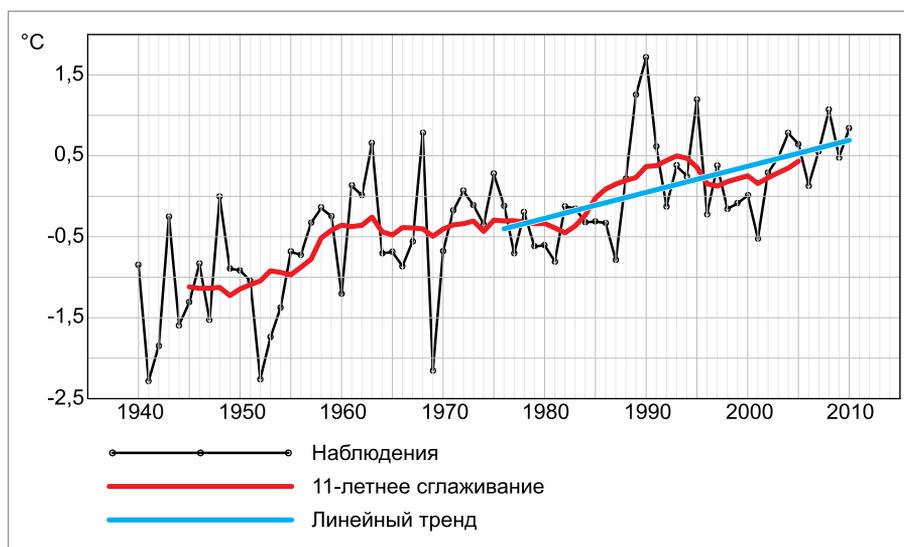


Рис. 4.18
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Советская Гавань от средней за 1961–1990 гг.

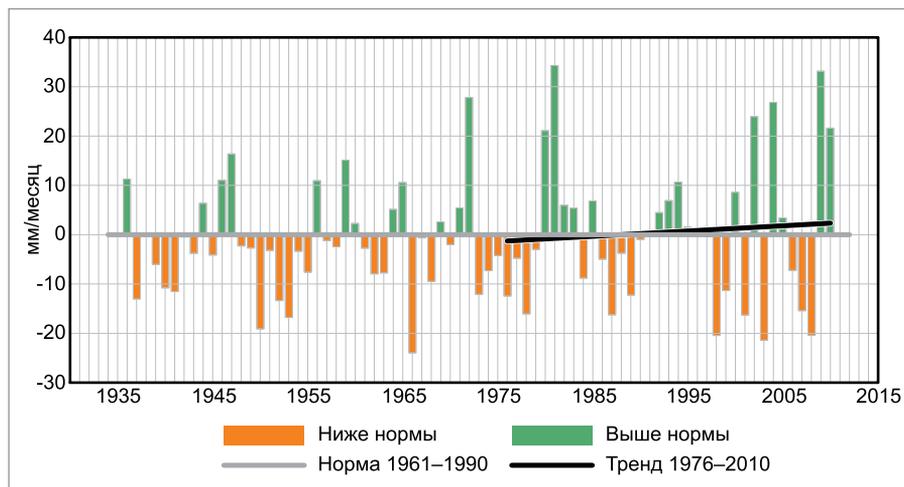
Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

³⁷ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

³⁸ Выбор данной станции, а не столицы края, г. Хабаровска, обусловлен тем, что ситуация в Хабаровске может быть описана одной из станций в Еврейской автономной области, которую надо было взять в любом случае, чтобы иметь по одной станции в каждом из регионов, рассматриваемых в данной книге.

Рис. 4.19
Отклонение годового количества осадков на ст. Советская Гавань от нормы — среднего за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии



Осадки. В Хабаровском крае среднегодовое количество осадков с середины 1970-х годов практически не изменилось. Более заметными оказались сезонные изменения. Так, на севере региона, на побережье Охотского моря, количество осадков в осенний период увеличилось на 15%³⁹.

На ст. Советская Гавань с 1976 года количество осадков в среднем оставалось на уровне нормы (среднего значения за 1961–1990 годы, равного 62 мм/месяц), но в отдельные годы изменялось очень сильно, в пределах от 40 до 90 мм/месяц (рис. 4.19). Кроме этой особенности, характерной и для данного региона в целом, за последние 35 лет почти на всей территории края выделяется рост максимального за зиму снежного покрова.

Изменения флоры и фауны. Информации о прямом влиянии изменений климата на флору и фауну Хабаровского края пока нет. Однако есть ряд явлений, которые могут оказать влияние на растительный покров и животный мир региона. Сильные снегопады очень неблагоприятны для копытных животных, которые при высоком снежном покрове не могут добраться до корма. Плохи для них и периоды сухой, жаркой погоды с высокой горимостью лесов. Сильные колебания уровня воды в реках, в том числе и в р. Амур, негативно влияют на нерестилища и воспроизводство рыбных ресурсов. Это может коснуться и рыбы калуги — самой крупной на планете пресноводной рыбы, занесенной в Красную книгу.

³⁹ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

Опасные метеорологические явления. В стране в целом особо выделялся 2010 год с резкими переходами от жары к холоду, сильными осадками и засушливыми периодами. В Хабаровском крае колебания были тоже очень значительными. За зиму 2009/2010 осадков выпало более 160% от нормы (средних значений в 1961–1990 годах). Холодными стали март и апрель 2010 года, рекордно жарким — август и очень теплым — декабрь⁴⁰. В декабре 2010 года выпало очень много осадков, в некоторых населенных пунктах месячная норма была превышена в 3–5 раз. На побережье Охотского моря обрушились рекордные за последние 60 лет мощные снегопады.

В 2011 году колебания погоды и выпадения экстремальных осадков продолжились. Весна была относительно холодной. В г. Охотске в середине апреля 2011 года после сильных снегопадов высота снежного покрова увеличилась с 40 до 90 см. А на метеостанции Удское (на р. Уда в 90 км от устья) зимой 2010/2011 была зарегистрирована высота снега 160 см, что на 70 см больше предыдущего рекорда.

В июне 2011 года после сильных дождей в среднем и верхнем течении р. Амур за несколько дней подъем воды составил почти метр. Зато в июле в ряде мест оказались побиты рекорды среднемесячной температуры — было на 5 °С выше нормы. Жара сопровождалась дефицитом осадков в центральной части Хабаровского края и в Амурской области, что привело к повышенной пожарной опасности. После этого сентябрь 2011 года был существенно холоднее нормы, но с избыточным количеством осадков.

В последние годы в крае наблюдалось столько экстремальных явлений, что наводнения с затоплением населенных пунктов и лесные пожары, в которых сгорают дома, воспринимаются уже почти как обычные явления.

Особенно сильные осадки и ветра наблюдаются при прохождении тайфунов, например, как это было в сентябре 2011 года. Возникает вопрос: стало ли больше тайфунов и будет ли от них больший ущерб? Пока роста числа тайфунов в мире в целом не отмечается, а ущерб увеличивается из-за роста численности населения и количества хозяйственных объектов в местах их прохождения.

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что в Хабаровском крае ожидается рост

⁴⁰ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

Таблица 4.10. Прогностическая оценка изменений температуры для Хабаровского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+1,0 – +1,5	+2 – +3,5
Весна	+0,5 – +1,2	+1,5 – +2,5
Лето	+0,5 – +1,0	+1,5 – +2,5
Осень	+1,0 – +1,5	+1,5 – +3
Год	+0,5 – +1,2	+2 – +3

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

температур, причем больше всего зимой и осенью (табл. 4.10). В целом прогнозируемые изменения гораздо меньше, чем, например, в Арктике, но и они существенны, так как на практике рост средней за зиму температуры на 3 °С означает, что в один год зима обычная, а в следующий год на 6 °С теплее. При этом в эту теплую зиму один месяц может быть теплее нормы, скажем, на 10 °С, а это уже совсем другие погодные условия.

На рис. 4.20 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанции Советская Гавань в 1965–2007 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года (красная, зеленая и синяя кривые соответственно). Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

Средние за год температуры в Советской Гавани за 25 лет могут возрасти примерно на 1,5 °С, что соответствует верхней границе приведенного выше прогноза для всего Хабаровского края в целом (табл. 4.10).

Однако для данной станции, то есть для восточного побережья края (см. карту на рис. 4.5), этот прогноз не позволяет говорить об изменении максимальных и минимальных за год температур. Для континентальной части края ситуация иная, о ней можно судить по ст. Бомнак, а для Хабаровска, вероятно, более подходящим является прогноз по ст. Екатерино-Никольское (см. ниже подраздел по Амурской области и ЕАО).

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6

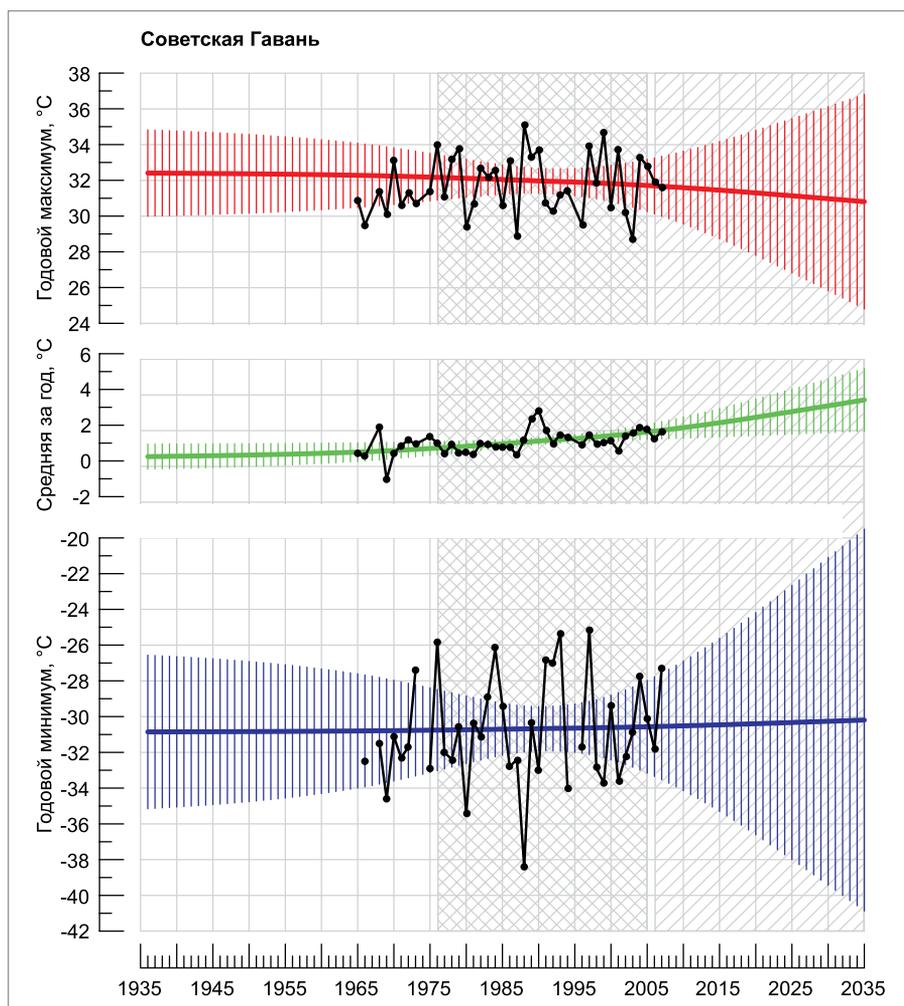


Рис. 4.20
Данные о годовом максимуме (вверху), минимуме (внизу) и среднегодовой температуре (в центре) на ст. Советская Гавань и их ориентировочный прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, более детальное описание прогноза см. выше на стр. 106

и его описание), говорит о том, что увеличение количества осадков ожидается, прежде всего, зимой и в меньшей степени весной (табл. 4.11). В сочетании с ростом неравномерности их выпадения

Таблица 4.11. Прогностическая оценка изменений осадков для Хабаровского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	+5 – +15	+10 – +20
Весна	0 – +10	+5 – +15
Лето	0 – +5	0 – +10
Осень	-5 – +5	0 – +10
Год	0 – +5	+5 – +15

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

это означает увеличение частоты особо снежных зим. Общее количество осадков за год в ближайшие 20 лет будет почти неизменным, затем, возможно, начнется рост, который более всего будет проявляться в северной части края.

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Хабаровского края приведена в табл. 4.12. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале перечислены явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем — менее значительные или слабо прослеживаемые эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата только на ближайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

Таблица 4.12. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Хабаровского края

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
На 25–50% увеличилось среднее за год число суток с высокой пожарной опасностью	Повышение температуры воздуха. Увеличение частоты и продолжительности засушливых периодов	Рост числа лесных пожаров. Растительность не успевает восстанавливаться после пожаров	Усиление противопожарных мероприятий, мер по восстановлению лесов и профилактике пожаров
Падение уровня воды в Амуре в летнюю межень (минимум речного стока). Потеря значительной части пойменных экосистем и нерестилищ рыб	Увеличение частоты и продолжительности летних засушливых периодов	Более частые случаи сильного падения уровня воды в Амуре в летний период, особенно если будет построена Шилкинская ГЭС ⁴¹ . Вероятно исчезновение калуги в Амуре, сокращение численности других рыб, в первую очередь – фитофильных ⁴²	Отмена решения о строительстве Шилкинской ГЭС. Меры по сохранению в Амуре рыбы калуги. Изменение объема (квот) вылова ряда других рыб

>>>

⁴¹ Водохранилище Шилкинской (Транссибирской) ГЭС будет осуществлять годичное регулирование стока с увеличением зимних расходов и снижением весенне-летних, что негативно скажется на количестве рыбы в Амуре. Калуга, эндемик амурского бассейна, — самая крупная из пресноводных рыб планеты. Этот вид в первую очередь может исчезнуть с постройкой ГЭС, так как снижение объема стока будет регулярным в самый важный период воспроизводства рыбы на верхнем Амуре. Там будет потеряна почти половина пойменных экосистем, их биоты и, соответственно, нерестилищ рыб ценных пород. <http://mogochadp.livejournal.com/189982.html>

⁴² Рыбы, откладывающие икру на растения, например, карповые.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Паводки и наводнения, вызванные сильными дождями. Размыв русел рек и склонов, образование селевых потоков	Более частое выпадение сильных осадков, более сильные паводки	Аварийные ситуации, подмыв объектов инфраструктуры, размывание склонов, образование селей	Укрепление берегов , повышение прочности конструкций, перенос зданий и объектов инфраструктуры
Рост ущерба от штормовых ветров и сильных осадков на Дальнем Востоке в целом	Увеличение частоты и силы штормовых ветров и сильных осадков	Возможны серьезные разрушения в прибрежной зоне, изменение береговой линии	В будущем строительство дамб и волнорезов, перенос объектов из зон возможного затопления
Более частые зимы с высоким снежным покровом, когда копытные животные гибнут от недостатка пищи	Рост количества зимних осадков на севере и в центре региона. Более частые сильные снегопады	Вероятна массовая гибель копытных животных	Подкормка копытных животных в особо снежные зимы, меры по предотвращению массовой гибели животных ⁴³
Более частое возникновение гололедицы на дорогах, обледенение ЛЭП	Более частые колебания температуры около нулевой отметки (чередования оттепелей и заморозков)	Возникновение аварийноопасных ситуаций на дорогах, большой износ дорог с твердым покрытием. Обрывы проводов и другие проблемы работы ЛЭП	Мониторинг и оповещение об опасных ситуациях. Строительство дорог и ЛЭП, рассчитанных на более частое чередование оттепелей и заморозков
Ухудшение состояния здоровья людей, подверженных заболеваниям сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Нестабильность климата, частые и резкие колебания погоды	Усиление неустойчивости климата. Ухудшение состояния здоровья людей , вплоть до повышения смертности	Разработка и реализация профилактических программ , рекомендаций для населения и работников здравоохранения
Вселение теплолюбивых видов флоры и фауны и вытеснение ими северных видов	Повышение температуры воздуха	Возможно исчезновение эндемичных видов	Мониторинг состояния экосистем и популяций , разработка и реализация мер по сохранению редких видов
Позитивные			
Благоприятные условия для сокращения отопительного сезона и меньшей выработки тепла	Повышение температуры воздуха	Экономия на обогреве зданий и сооружений. Данная тенденция не исключает отдельных холодных зим, что делает необходимым наличие соответствующих отопительных мощностей	Внедрение гибких схем выработки и подачи тепла . Реконструкция блочных и панельных домов
Снижение числа обморожений, травм, сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, связанных с низкими температурами	Уменьшение числа дней с особенно низкими температурами	Уменьшение числа «холодовых» заболеваний, что не исключает их рост в отдельные годы с особо холодной зимой	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии холодных зим нужно быть к ним готовым



⁴³ Например, при глубоком снежном покрове важной мерой является рубка должного количества деревьев в местах нахождения животных (осины или тополя — относительно малоценных пород, ветки и кора которых служат пищей для копытных).

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
В целом более благоприятные условия для сельского хозяйства	Повышение температуры воздуха	Лучшие возможности для выращивания сельскохозяйственной продукции. Потенциально возможно развитие новых отраслей сельского хозяйства	Внедрение сортов растений, приспособленных к новым климатическим условиям. При этом нужно быть готовым к экстремальным погодным явлениям

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igse.ru>; источники, указанные в сносках к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

Резюме. На первый взгляд в Хабаровском крае ожидается сбалансированное сочетание негативных и позитивных эффектов. Действительно, ситуация с изменениями климата там менее критичная, чем в Арктике или России в целом. Ущерб от стихийных бедствий, конечно, велик, но его рост пока вряд ли можно связывать с глобальными изменениями климата. Здесь скорее сказывается растущая изношенность всей инфраструктуры: дорог, мостов, ЛЭП и т. п.

Однако если на негативные климатические эффекты наложится непродуманная хозяйственная деятельность, то потери могут быть невосполнимыми. Примером может служить строительство ГЭС на р. Шилке, которое может привести к исчезновению самой крупной пресноводной рыбы планеты — калуги. Есть серьезный риск повышения горимости лесов, а при более частом повторении зим с высоким снежным покровом — массовой гибели копытных животных.

С другой стороны, позитивные эффекты представляют собой лишь потенциальные возможности экономии на теплоснабжении или лучшего ведения сельского хозяйства, поэтому нужно будет приложить немало усилий, чтобы ими воспользоваться.

Амурская область и Еврейская автономная область

Температура. С 1976 года увеличение среднегодовой температуры в целом в Амурской области и Еврейской автономной области (ЕАО) составило примерно 1,5 °С, что соответствует среднему по России (см. рис. 4.2). При этом потепление в большей степени было выражено зимой, а в меньшей — весной и летом. Рост

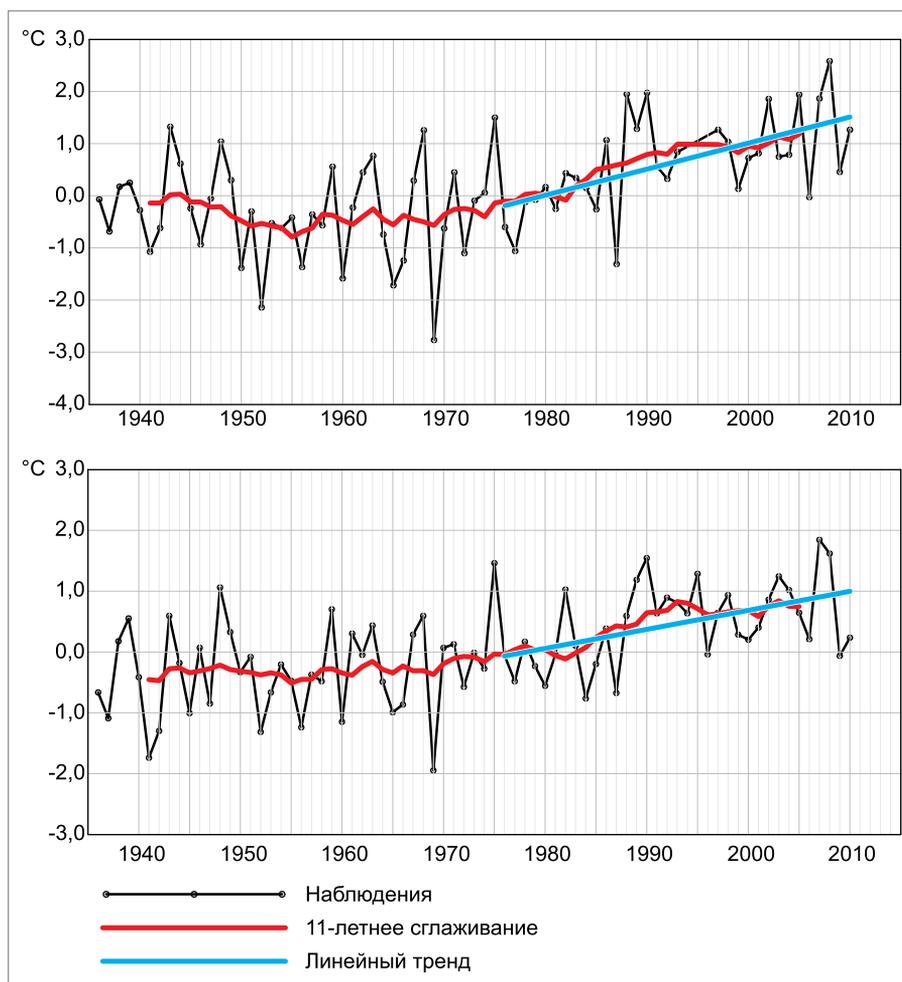


Рис. 4.21
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Бомнак на севере Амурской области (вверху) и ст. Екатерино-Никольское в ЕАО (внизу) от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

температуры несколько сильнее в восточной — внутриматериковой — части Амурской области⁴⁴.

На рис. 4.21 и 4.22 показаны изменения среднегодовой температуры и осадков на метеостанциях Бомнак на севере Амурской области и Екатерино-Никольское в ЕАО (расположение станций см. на карте, рис. 4.5). Рассмотрение данных станций позволяет проследить изменение температуры и осадков во внутриматериковой части региона (ст. Бомнак) и там, где больше ощущается влияние океана (ст. Екатерино-Никольское), а также сравнить их с данными прибрежной станции Советская Гавань в Хабаровском крае (рис. 4.18 и 4.19).

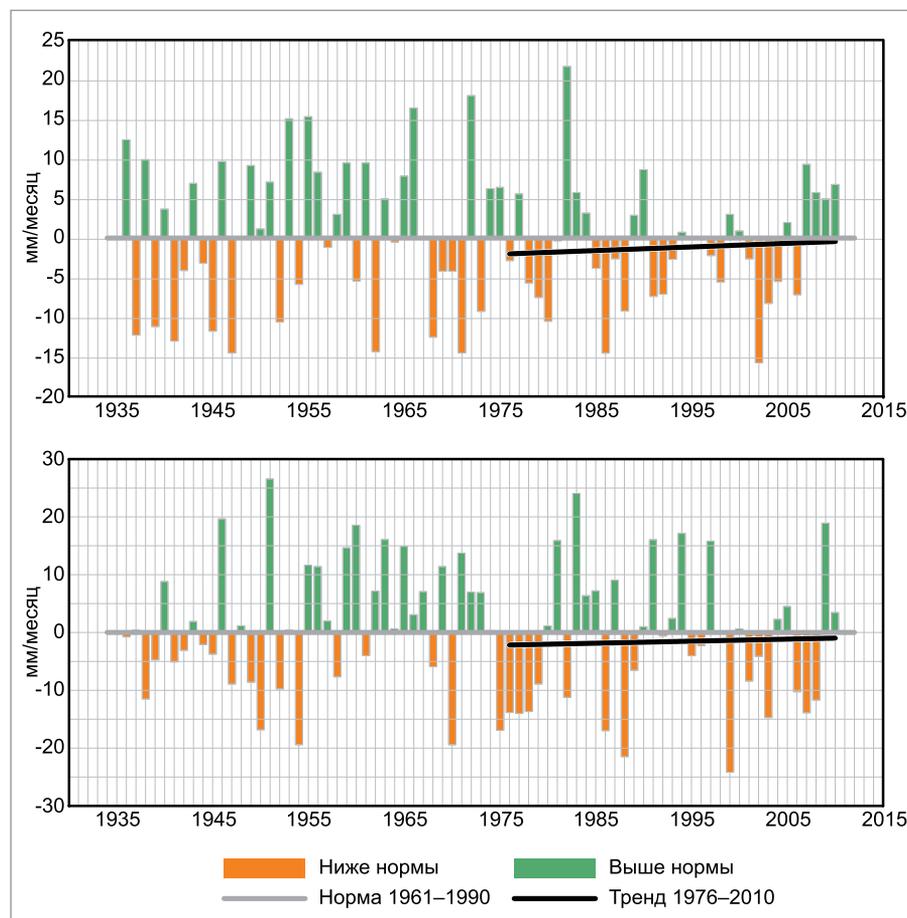
⁴⁴ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteor.ru

По наблюдениям на метеостанции Екатерино-Никольское за последние 35 лет рост среднегодовой температуры — линейный тренд — составил $0,31\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, что практически совпадает с потеплением на побережье Тихого океана — в городах Советская Гавань и Александровск-Сахалинский. В Екатерино-Никольском в 1961–1990 годах температура равнялась $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а теперь она в среднем больше $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$. На внутриматериковой станции Бомнак потепление на 60% больше ($0,50\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет). Средняя за год температура там увеличилась с $-4,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ примерно до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом на всех станциях среднегодовая температура выросла меньше, чем амплитуда ее межгодовых колебаний (см. рис. 4.21).

Осадки. В рассматриваемых регионах среднегодовое количество осадков с середины 1970-х практически не изменилось⁴⁵. Подтверждается это и наблюдениями на двух станциях, которые здесь рассматриваются в качестве примера (см. рис. 4.22). Сред-

Рис. 4.22
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Бомнак на севере Амурской области (вверху) и ст. Екатерино-Никольское в ЕАО (внизу) от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии



⁴⁵ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

негодовое количество осадков там осталось равным 50 мм/месяц (600 мм/год), в отдельные годы оно в целом изменялось в пределах от 40 до 60 мм/месяц (см. рис. 4.19).

Величина максимального за зиму снежного покрова в Амурской области и ЕАО стала больше примерно на 10 см. Это более слабый рост, чем в Хабаровском крае. Тем не менее, есть тенденция более снежных зим. В другие времена года увеличение осадков не отмечается.

Изменения флоры и фауны. Данных о непосредственном воздействии глобальных изменений климата на флору и фауну Амурской области и ЕАО пока нет. Однако есть ряд климатических явлений, которые могут оказать существенное влияние на растительный покров и животный мир. Сильные снегопады неблагоприятны для копытных животных, которые при высоком снежном покрове не могут добраться до корма. Для обитателей леса плохи и периоды сухой, жаркой погоды с высокой горимостью лесов. Сильные колебания уровня воды в реках, в том числе и в р. Амур, негативно влияют на нерестилища и воспроизводство рыбных ресурсов. Это может коснуться и рыбы калуги — занесенной в Красную книгу самой крупной пресноводной рыбы на планете.

Опасные метеорологические явления. В стране в целом особо выделялся 2010 год с резкими колебаниями жары и холода, сильных осадков и засушливых периодов. В Амурской области и ЕАО колебания погоды были меньше, чем во многих других регионах, но тоже существенны. Очень холодным был март, а жарким — август. В эти месяцы средняя температура на 3–4 °С отклонялась от нормы (средних значений за 1961–1990 годы), что позволяет считать эти месяцы особенно аномальными (см. сноску 5, стр. 98)⁴⁶.

В 2011 году аномальные сезонные и среднемесячные температуры и осадки чередовались сильнее, прежде всего, в западной и северной частях Амурской области. Жаркими были февраль, июль и октябрь 2011 года, а очень холодным — март. Избыток осадков наблюдался в декабре 2010 года, дефицит — в январе 2011 года (в 2 раза ниже нормы), избыток — в феврале (в 2 раза больше нормы), дефицит — в марте и апреле, избыток — в мае (в ряде мест в 2 раза больше нормы). На юго-востоке области и в ЕАО все оставалось относительно в норме (то есть слабо отличалось от средних значений за 1961–1990 годы).

⁴⁶ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В этой череде различных аномалий самым настораживающим является дефицит летних осадков, поскольку падение уровня воды в летний межень (минимум стока воды) в р. Амуре может приводить к очень неблагоприятным последствиям для речной экосистемы. В целом за лето 2011 года выпало лишь 60–80% от сезонной нормы, особенно мало дождей было в июле.

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что в Амурской области и ЕАО ожидается рост температур, причем больше всего зимой и осенью (табл. 4.10). В целом прогнозируемые изменения гораздо меньше, чем, например, в Арктике, но и они существенны, так как на практике рост средней за зиму температуры на 2,5 °С означает, что в один год зима обычная, а в следующий год на 5 °С теплее. При этом в эту теплую зиму один месяц может быть теплее нормы, скажем, на 8 °С, а это уже совсем другие погодные условия.

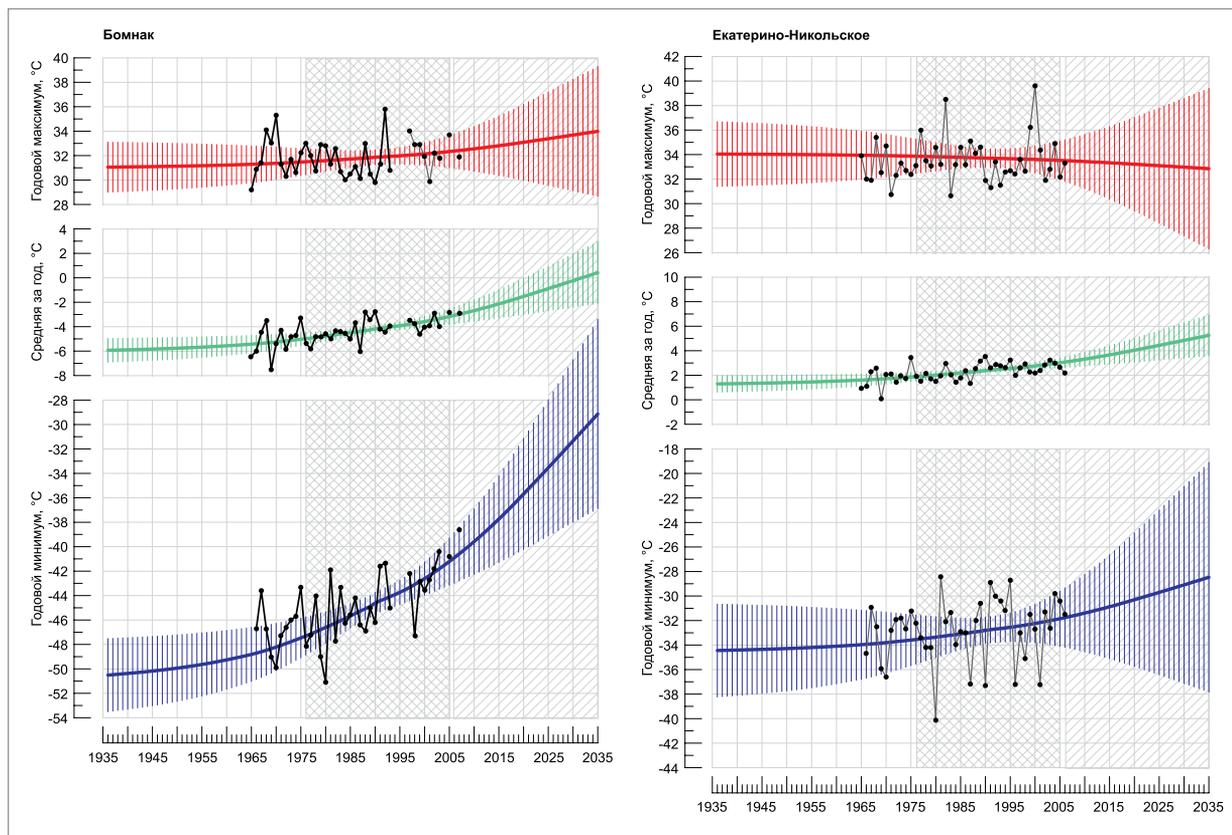
На рис. 4.23 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанциях Бомнак и Екатерино-Никольское в 1965–2007 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года (красная, зеленая и синяя кривые соответственно). Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

Средние за год температуры на севере Амурской области за 25 лет могут вырасти на 2–3 °С. В ЕАО рост вероятно меньше — 2 °С. Изменение максимально жарких за год температур не ожидается. Однако для севера Амурской области можно ожи-

Таблица 4.13. Прогностическая оценка изменений температуры для Амурской области и ЕАО

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+1,0 – +1,5	+2 – +3
Весна	+0,5 – +1,0	+1,5 – +2,5
Лето	+0,5 – +1,0	+1,5 – +2,5
Осень	+1,0 – +1,5	+1,5 – +3
Год	+0,5 – +1,2	+2 – +3

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»



дать очень существенного изменения минимальных за год температур. По средней оценке на ст. Бомнак минимальные температуры станут не холоднее -30°C (диапазон неопределенности от -22 до -36°C), тогда как сейчас они равны -40°C . Минус 30°C — тоже очень сильные морозы, но уже не столь экстремальные, что в принципе может положительно сказаться на перезимовке сельскохозяйственных культур. Для ЕАО сильные изменения минимальных температур маловероятны.

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6 и его описание), говорит о том, что увеличение количества осадков ожидается, прежде всего, зимой и в меньшей степени весной (табл. 4.14). В сочетании с ростом неравномерности их выпадения это означает увеличение частоты особо снежных зим. Общее количество осадков за год в ближайшие 20 лет будет почти неизменным, затем, возможно, начнется рост.

Количество летних и осенних осадков останется практически неизменным, поэтому, учитывая рост неравномерности климата,

Рис. 4.23
Данные о годовом максимуме (вверху), минимуме (внизу) и среднегодовой температуре (в центре) ст. Бомнак (слева) и Екатерино-Никольское (справа) и их ориентировочный прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, более детальное описание прогноза см. выше на стр. 106

Таблица 4.14. Прогностическая оценка изменений осадков для Амурской области и ЕАО

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	+5 – +15	+10 – +20
Весна	0 – +10	+5 – +15
Лето	0 – +5	0 – +10
Осень	-5 – +5	0 – +10
Год	0 – +5	+5 – +15

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

можно ожидать более частые засушливые периоды с повышенной пожарной опасностью лесов и низким уровнем воды в реках, что особенно негативно для нерестилищ на р. Амур.

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Амурской области и ЕАО приведена в табл. 4.15. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале перечислены явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем — менее значительные или слабо прослеживающиеся эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата только на ближайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Таблица 4.15. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Амурской области и ЕАО

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
Падение уровня воды в Амуре в летнюю межень (минимум речного стока). Потеря значительной части пойменных экосистем и нерестилищ рыб	Увеличение частоты и продолжительности летних засушливых периодов	Более частые случаи сильного падения уровня воды в Амуре в летний период, особенно если будет построена Шилкинская ГЭС ⁴⁷ . Вероятно исчезновение калуги в Амуре, сокращение численности других рыб , в первую очередь – фитофильных ⁴⁸	Отмена решения о строительстве Шилкинской ГЭС. Меры по сохранению в Амуре рыбы калуги. Изменение объема (квот) вылова ряда других рыб
На 25–50% увеличилось среднее за год число суток с высокой пожарной опасностью	Повышение температуры воздуха. Увеличение частоты и продолжительности засушливых периодов	Рост числа лесных пожаров. Растительность не успевает восстанавливаться после пожаров	Усиление противопожарных мероприятий , мер по восстановлению лесов и профилактике пожаров
Более частые зимы с высоким снежным покровом, когда копытные животные гибнут от недостатка пищи	Рост количества зимних осадков на севере и в центре региона. Более частые сильные снегопады	Вероятна массовая гибель копытных животных	Подкормка копытных животных в особо снежные зимы, меры по предотвращению массовой гибели животных ⁴⁹
Ухудшение состояния здоровья людей, подверженных заболеваниям сердечно-сосудистой и дыхательной систем	Нестабильность климата, частые и резкие колебания погоды	Усиление нестабильности климата. Ухудшение состояния здоровья людей , вплоть до повышения смертности	Разработка и реализация профилактических программ , рекомендаций для населения и работников здравоохранения
Более частое возникновение гололедицы на дорогах, обледенение ЛЭП	Более частые колебания температуры около нулевой отметки (чередования оттепелей и заморозков)	Возникновение аварийноопасных ситуаций на дорогах , больший износ дорог с твердым покрытием. Обрывы проводов и другие проблемы работы ЛЭП	Мониторинг и оповещение об опасных ситуациях. Строительство дорог и ЛЭП, рассчитанных на более частое чередование оттепелей и заморозков
Паводки и наводнения, вызванные сильными дождями. Размыв русел рек и склонов, образование селевых потоков	Более частое выпадение сильных осадков, более сильные паводки	Аварийные ситуации, подмыв объектов инфраструктуры, размывание склонов, образование селей	Укрепление берегов , повышение прочности конструкций, перенос зданий и объектов инфраструктуры

>>>

⁴⁷ Водохранилище Шилкинской (Транссибирской) ГЭС будет осуществлять годичное регулирование стока с увеличением зимних расходов и снижением весенне-летних, что негативно скажется на количестве рыбы в Амуре. Калуга, эндемик амурского бассейна, самая крупная из пресноводных рыб планеты. Этот вид в первую очередь может исчезнуть с постройкой ГЭС, так как снижение объема стока будет регулярным в самый важный период воспроизводства рыбы на верхнем Амуре. Там будет потеряна почти половина пойменных экосистем, их биоты и, соответственно, нерестилищ рыб ценных пород <http://mogochadp.livejournal.com/189982.html>

⁴⁸ Рыбы, откладывающие икру на растения, например, карповые.

⁴⁹ Например, при глубоком снежном покрове важной мерой является рубка должного количества деревьев в местах нахождения животных (осины или тополя — относительно малоценных пород, ветки и кора которых служат пищей для копытных).

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Вселение теплолюбивых видов флоры и фауны и вытеснение ими северных видов ⁵⁰	Повышение температуры воздуха	Возможно исчезновение эндемичных видов	Мониторинг состояния экосистем и популяций , разработка и реализация мер по сохранению редких видов
Позитивные			
В целом более благоприятные условия для сельского хозяйства	Повышение температуры воздуха	Лучшие возможности для выращивания сельскохозяйственной продукции. Потенциально возможно развитие новых отраслей сельского хозяйства	Внедрение сортов растений, приспособленных к новым климатическим условиям. При этом нужно быть готовым к экстремальным погодным явлениям
Благоприятные условия для сокращения отопительного сезона и меньшей выработки тепла	Повышение температуры воздуха	Экономия на обогреве зданий и сооружений. Данная тенденция не исключает отдельных холодных зим, что делает необходимым наличие соответствующих отопительных мощностей	Внедрение гибких схем выработки и подачи тепла. Реконструкция блочных и панельных домов
Снижение числа обморожений, травм, сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, связанных с низкими температурами	Уменьшение числа дней с особенно низкими температурами	Уменьшение числа «холодовых» заболеваний, что не исключает их рост в отдельные годы с особо холодной зимой	Учет фактора непостоянства климата. Даже при длительном отсутствии холодных зим нужно быть к ним готовым
Повышение биологической продуктивности экосистем	Повышение температуры воздуха	Повышение продуктивности и биологического разнообразия , рост пищевых ресурсов	Мониторинг ситуации и исследование последствий, в том числе чтобы заранее выявить негативные эффекты

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igse.ru>; источники, указанные в сносках к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

Резюме. В Амурской области и ЕАО ожидается относительно сбалансированное сочетание негативных и позитивных эффектов. Действительно, ситуация с изменениями климата здесь менее критична, чем в Арктике или России в целом, явных потерь пока нет. Ущерб от лесных пожаров, конечно, велик, но его рост вряд ли можно отнести на счет глобального изменения климата. Вероятно, главными факторами здесь являются слабые противопожарные меры и действия по тушению пожаров.

Однако если на негативные климатические эффекты наложится непродуманная хозяйственная деятельность, то потери могут быть невосполнимыми. Примером может служить строительство

⁵⁰ В частности, по информации из заповедника Бастак в ЕАО.

ГЭС на р. Шилке, которое может привести к исчезновению самой крупной пресноводной рыбы планеты — калуги. Есть серьезный риск повышения горимости лесов, а при более частом повторении зим с высоким снежным покровом — массовой гибели копытных животных.

С другой стороны, позитивные эффекты представляют собой лишь потенциальные возможности лучшего ведения сельского хозяйства или экономии на отоплении, и нужно будет приложить немало усилий, чтобы ими воспользоваться.

Приморский край

Температура. С 1976 года увеличение среднегодовой температуры в крае составило примерно $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, что чуть меньше среднего по России (см. рис. 4.2), но в 2 раза больше, чем для мира в целом. Температура повысилась во все сезоны, в большей степени зимой и осенью, а в меньшей летом и весной⁵¹.

По наблюдениям на метеостанции Владивосток можно видеть, что рост среднегодовой температуры существенен, но меньше амплитуды межгодовых колебаний (рис. 4.24). Средняя за 1961–1990 годы температура равнялась $+4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в 2005–2010 годах она стала больше на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Линейный тренд потепления за 1976–2010 годы составил $0,36\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, что практически то же самое, что и на других прибрежных дальневосточных станциях: Александровск-Сахалинский,



Рис. 4.24
Отклонение среднегодовой температуры на ст. Владивосток от средней за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии

⁵¹ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

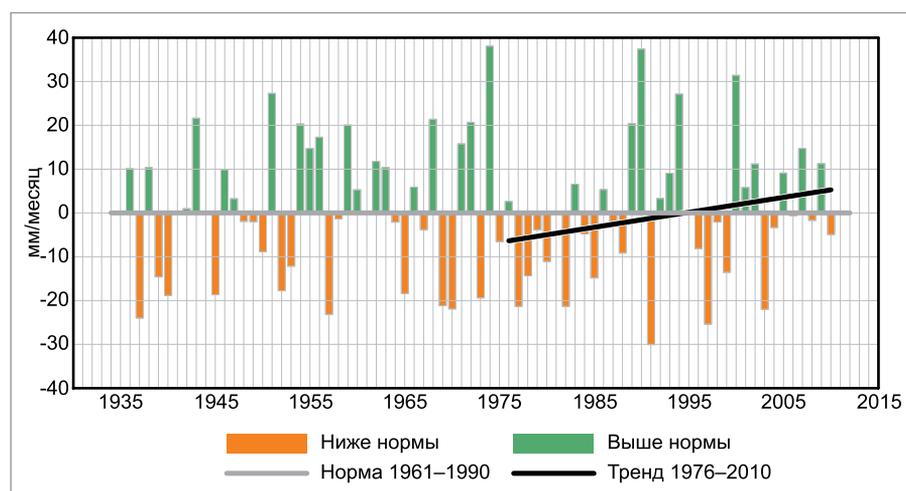
Советская Гавань и Петропавловск-Камчатский, но гораздо меньше, чем на внутриматериковой станции Бомнак в Амурской области (см. карту на рис. 4.5). На побережье Тихого океана рост температуры менее выражен, чем в глубине континента.

Осадки. В целом по территории края среднее количество годовых осадков с середины 1970-х практически не изменилось. Но по сезонам и отдельным частям региона ситуация иная. На 15–20% уменьшилось количество осенних осадков. Зимой и весной количество осадков, напротив, увеличилось. Особенно заметно увеличение на юге края. Здесь оно составило примерно 50%⁵². Однако в отдельные годы наблюдалась иная ситуация. Так, на юго-западе края зимы 2010–2011 и 2011–2012 гг. были крайне малоснежными.

На ст. Владивосток с 1976 года годовое количество осадков в среднем оставалось близким к норме (среднему значению за 1961–1990 годы, равному 68 мм/месяц, или 815 мм/год). Однако в отдельные годы оно изменялось очень сильно: от менее 600 до более 1200 мм/год (рис. 4.25).

Рис. 4.25
Отклонение годового количества осадков на ст. Владивосток от нормы — среднего за 1961–1990 гг.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии



Изменения флоры и фауны. Данных о прямом воздействии глобального изменения климата на флору и фауну Приморского края пока нет. Однако есть климатические явления, которые могут оказать существенное влияние на растительный покров и животный мир. Например, сильные снегопады очень неблагоприятны для копытных животных, которые при высоком снежном покрове не могут добраться до корма. Вызывает опасение возможность

⁵² Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Росгидромет, 2012. www.meteorf.ru

проникновения в регион новых видов животных и растений, более теплолюбивых насекомых, вредителей и болезней леса. Определенная информация об этом уже поступает, но уровень знаний здесь пока низок. Все происходящее надо тщательно изучать, чтобы заранее выявить негативные эффекты и свести их к минимуму.

Большое беспокойство вызвало появление летом 2011 года крупных акул и их нападения на людей в Хасанском районе на юго-западе региона. Причины этого пока непонятны: называется повышение температуры воды, вариации океанских течений и путей перемещения косяков рыб, даже искусственная прикормка (что иногда делалось в районе появления акул для ловли других рыб). Конечно, нельзя говорить о том, что появление этих акул — следствие изменений климата, но нельзя и исключать, что глобальное антропогенное воздействие на климат тоже сыграло свою роль.

Опасные метеорологические явления. В стране в целом особо выделялся 2010 год с резкими колебаниями жары и холода, сильных осадков и засушливых периодов. В Приморском крае колебания были меньшими, но значительными. Например, в январе 2010 года, когда на большей части России было холодно, в Приморье было теплее нормы (средних значений за 1961–1990 годы), зато в мае — очень жарком почти по всей территории страны — в Приморье отмечалась норма. Рекорды среднемесячной температуры не устояли в августе 2010 года, когда в среднем наблюдалось на 3,5–4 °С выше нормы. В июне 2010 года отмечена иная аномалия — осадков выпало менее 40% от нормы, столь же сильный дефицит осадков был и в сентябре, зато в ноябре осадки превышали норму на 60%. Конечно, подобные колебания и аномалии случались и в прошлом, но сейчас по всему миру наблюдается тенденция к росту их частоты⁵³.

2011 год в Приморском крае был удивителен тем, что там, в отличие от почти всех регионов России, практически не наблюдалось аномалий температуры. Лишь февраль был теплым, а май холодным. Однако количество осадков было меньше нормы. Особенно четко это проявилось на юге края летом и осенью.

По опасным явлениям в Приморье лидируют сильные осадки и штормовые ветра. Стало ли больше тайфунов и будет ли от них больший ущерб? Пока роста числа тайфунов в мире в целом не отмечается, а ущерб увеличивается из-за роста числа людей и количества хозяйственных объектов в местах их прохождения.

⁵³ Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 и 2011 год. М.: Росгидромет, 2011 и 2012. www.meteorf.ru

Прогноз изменения температуры, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.5 и его описание), говорит, что в Приморском крае по сравнению с другими регионами Дальнего Востока ожидается очень небольшое потепление (табл. 4.16). Вероятно минимальное увеличение температур на юге и юго-востоке края и максимальное на севере. К середине XXI века на севере края можно ожидать значительного роста зимних и осенних средних температур — на 3 °С. На практике это означает, что в один год зима обычная, а в следующий на 6 °С теплее. При этом в такую теплую зиму один месяц может быть теплее нормы, скажем, на 8 °С, а это уже совсем другие погодные условия.

Таблица 4.16. Прогностическая оценка изменений температуры для Приморского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., °С
Зима	+0,5 – +1,5	+2 – +3
Весна	+0,5 – +1,0	+1 – +2
Лето	+0,5 – +1,0	+1,5 – +2,5
Осень	+0,5 – +1,5	+2 – +3
Год	+0,5 – +1,5	+1,5 – +2,5

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

На рис. 4.26 представлены данные о максимальной, средней и минимальной температуре за год на метеостанции Владивосток в 1965–2007 годах — черные кривые. Там же приведен прогноз вероятного изменения данных параметров в период до 2035 года (красная, зеленая и синяя кривые соответственно). Заштрихованные области — диапазоны возможных изменений средних значений, показанных на красной, зеленой и синей кривых, их также называют диапазонами неопределенности прогноза.

Согласно данному прогнозу, средние за год температуры во Владивостоке за 25 лет могут возрасти на 1,5–2 °С, но могут и остаться практически неизменными (например, как это было за период с 1990 по 2005 год)⁵⁴. Увеличения максимально жарких

⁵⁴ Владивосток – большой город, поэтому в нем складывается свой микроклимат, и в центре температура обычно выше. Однако метеостанции ставятся так, чтобы максимально исключить эффект «теплого острова» любого большого города. Данные и прогноз по ст. Владивосток говорят о средних температурах на территории города и его окрестностей, а не о фактической температуре в центре города, которая может быть выше на несколько градусов.

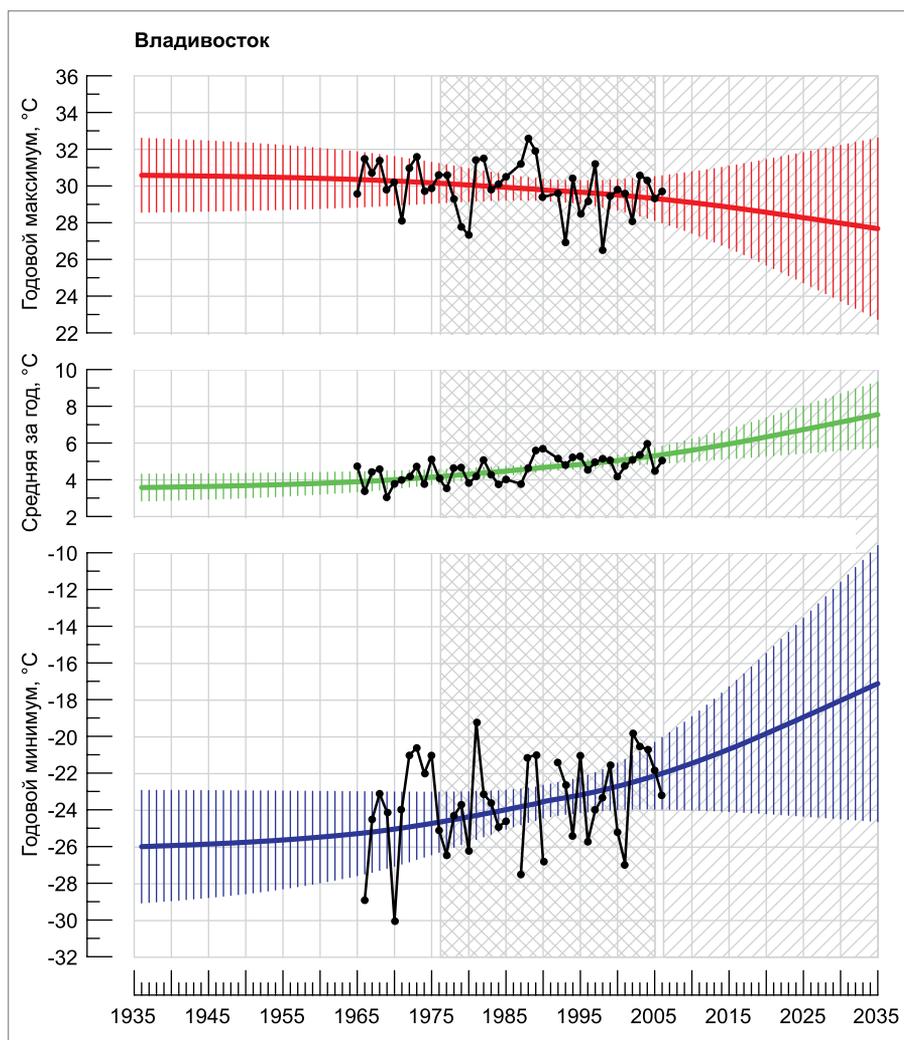


Рис. 4.26
Данные о годовом максимуме (вверху), минимуме (внизу) и среднегодовой температуре (в центре) на ст. Владивосток и их ориентировочный прогноз до 2035 г.

Источник: Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова, Институт глобального климата и экологии, более детальное описание прогноза см. выше на стр. 106

за год температур не ожидается. Зато самые холодные дни могут сильно потеплеть, на 5 или даже 10 °С. Однако и здесь разброс оценок велик, может не произойти никаких изменений.

Прогноз изменения количества осадков, полученный с помощью моделей глобального изменения климата (см. выше рис. 4.6 и его описание), показывает, что для края в целом изменения общего количества осадков не прогнозируется (табл. 4.17). Однако в ближайшей перспективе можно выделить две локальные тенденции: рост количества зимних и весенних осадков на западе и северо-западе региона; снижение количества летних и осенних осадков на юге и юго-востоке. Первая тенденция может означать большее количество снежных зим на западе края. Вторая рекордна для всей территории России: нигде больше, ни в одном из сезонов

Таблица 4.17. Прогностическая оценка изменений осадков для Приморского края

	В среднем в 2011–2031 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %	В среднем в 2041–2060 гг. от среднего уровня 1980–1999 гг., %
Зима	0 – +10	0 – +15
Весна	0 – +10	+5 – +10
Лето	-5 – +5	0 – +10
Осень	-10 – 0	-5 – +5
Год	-5 – +5	0 – +10

Источник: по данным карт прогноза изменения климата ГГО: <http://www.voeikovmgo.ru>, раздел «Изменение климата России в XXI веке»

такого снижения осадков не прогнозируется. К середине XXI века обе тенденции, вероятно, уступят место общему небольшому увеличению количества осадков.

Незначительность ожидаемых средних изменений не должна успокаивать. Вероятен рост неравномерности выпадения того же количества осадков. Эта тенденция есть и сейчас. В качестве примера можно привести ситуацию в пос. Терней (см. карту на рис. 4.6) зимой 2008/2009, когда снега не было до 10 января 2009 года, затем прошел сильнейший снегопад и высота снежного покрова достигла 130 см. После этого осадков почти не выпадало, а примерно метровый снежный покров держался до конца марта. В следующую зиму сходная ситуация повторилась во Владивостоке, когда в начале декабря 2009 года в результате одного снегопада выпало 40 мм осадков и высота снежного покрова с нуля возросла до 35 см. После этого в январе и феврале 2010 года осадков почти не было и к марту снег почти сошел, но вдруг в середине марта разом выпало более 40 мм осадков и снег продержался до начала апреля.

Сводка вероятных последствий изменений климата и предлагаемых мер для Приморского края приведена в табл. 4.15. Сначала идут негативные эффекты, их гораздо больше, а потом позитивные. Насколько возможно, социально-экономические и экологические проблемы (первый столбец таблицы) выстроены по степени их выраженности и значимости. Вначале перечислены явления, более четко выраженные и опасные для природы, экономики и жизни людей, а затем менее значительные или слабо прослеживающиеся эффекты. Во втором столбце показано, с какими изменениями климата они могут быть связаны. В таблице собрана информация о последствиях изменения климата только на бли-

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

жайшие 10–30 лет, а не на более долгосрочную перспективу. Это сделано для того, чтобы выделить вероятные последствия (третий столбец), требующие принятия определенных мер в самом ближайшем будущем (четвертый столбец таблицы).

Таблица 4.18. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для Приморского края

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Негативные			
Увеличение пожароопасности лесов	Увеличение частоты и продолжительности засушливых периодов	Рост числа лесных пожаров. Растительность не успевает восстанавливаться после пожаров	Усиление противопожарных мероприятий, мер по восстановлению лесов и профилактике пожаров. Предотвращение рубок особо ценных лесов
Рост ущерба от штормовых ветров и сильных осадков. Паводки и наводнения, вызванные сильными дождями. Размыв русел рек и склонов	Увеличение частоты и силы штормовых ветров и сильных осадков. Более сильные паводки	Аварийные ситуации, подмыв объектов инфраструктуры, размывание склонов, образование селей	Укрепление берегов, повышение прочности конструкций, перенос зданий и объектов инфраструктуры. Строительство дорог, рассчитанных на сильные осадки
Более частое возникновение гололедицы на дорогах, обледенение ЛЭП	Более частые колебания температуры около нулевой отметки (чередования оттепелей и заморозков)	Возникновение аварийноопасных ситуаций на дорогах, больший износ дорог с твердым покрытием. Обрывы проводов и другие проблемы работы ЛЭП	Мониторинг и оповещение об опасных ситуациях. Строительство дорог и ЛЭП, рассчитанных на более частое чередование оттепелей и заморозков
Вероятны более частые зимы с высоким снежным покровом, во время которых копытные животные гибнут от недостатка пищи	Рост количества осадков на севере и в центре региона. Более частые сильные снегопады	Возможна массовая гибель копытных — негативное влияние на численность тигра, особенно если будут вырубаться особо ценные леса	Подкормка копытных животных в особо снежные зимы, меры по предотвращению массовой гибели животных ⁵⁵ . Предотвращение рубок особо ценных лесов, в частности, орехо-промышленных зон
Информация об усыхании лесов в Сихотэ-Алинском заповеднике и на восточном побережье края ⁵⁶	Повышение температуры воздуха	Возможно усыхание лесов и вызванное этим сокращение численности копытных животных, негативное влияние на тигра, особенно если будут вырубаться особо ценные леса	Мониторинг состояния лесов. Разработка и реализация мер по защите лесов от заболеваний. Предотвращение рубок особо ценных лесов

>>>

⁵⁵ Например, при глубоком снежном покрове важной мерой является рубка должного количества деревьев в местах нахождения животных (осины или тополя — относительно малоценных пород, ветки и кора которых служат пищей для копытных).

⁵⁶ Существует предположение, что одной из причин усыхания дубов является распространение на север патогенных грибов, которые разрушают деревья. С другой стороны, в заповеднике за последние 30–40 лет, вероятно, потепление в целом позитивно сказалось на численности основных видов копытных животных и, соответственно, тигра.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Проблема	Влияние изменений климата	Вероятные последствия изменений климата	Предлагаемые меры
Ухудшение состояния здоровья людей с заболеваниями сердечно-сосудистой и дыхательной системы	Нестабильность климата, частые и резкие колебания погоды	Усиление неустойчивости климата. Ухудшение состояния здоровья людей, вплоть до повышения смертности	Разработка и реализация профилактических программ, рекомендаций для населения и работников здравоохранения
Вселение более теплолюбивых видов флоры и фауны, вредителей и болезней леса	Повышение температуры воздуха	Возможны негативные последствия для лесного и сельского хозяйства. Возможно исчезновение эндемичных видов	Мониторинг состояния экосистем, разработка и реализация мер по сохранению редких видов. Меры по борьбе с вредителями и болезнями растений в лесном и сельском хозяйстве
Позитивные			
В целом более благоприятные условия для сельского хозяйства	Повышение температуры воздуха	Лучшие возможности для выращивания сельскохозяйственной продукции. Потенциально возможно развитие новых отраслей сельского хозяйства	Внедрение сортов растений, приспособленных к новым климатическим условиям. При этом нужно быть готовым к экстремальным погодным явлениям
Благоприятные условия для сокращения отопительного сезона и меньшей выработки тепла	Повышение температуры воздуха	Экономия на обогреве зданий и сооружений. Данная тенденция не исключает отдельных холодных зим, что делает необходимым наличие соответствующих отопительных мощностей	Внедрение гибких схем выработки и подачи тепла. Реконструкция блочных и панельных домов
Благоприятные условия для развития курортной индустрии и туризма	Более длинный период с теплой и сухой погодой, комфортной для отдыха людей	Увеличение рекреационного потенциала края	Развитие курортной индустрии и туризма
Повышение биологической продуктивности экосистем	Повышение температуры воздуха и морской воды	Повышение продуктивности и биологического разнообразия, рост пищевых ресурсов	Мониторинг ситуации и исследование последствий, в том числе чтобы заранее выявить негативные эффекты

Источник: Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева, Росгидромет. М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>; Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2, Росгидромет, М., 2009. <http://climatechange.igse.ru>; источники, указанные в сносках к таблице; информация, специально полученная от заповедников, заказников и национальных парков при подготовке данной книги.

ТЕМА 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЕРОЯТНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Резюме. В Приморском крае, как и в соседних с ним регионах России, ситуация с изменениями климата менее критична, чем, например, в Арктике. Ущерб от стихийных бедствий, конечно, велик, но его рост пока вряд ли можно отнести на счет глобального изменения климата. Здесь скорее сказывается растущая изношенность всей инфраструктуры: дорог, мостов, ЛЭП и т. п.

В Приморье можно ожидать и негативных, и позитивных последствий изменений климата. Однако позитивные эффекты — это лишь потенциальные возможности, нужно будет приложить немало усилий, чтобы ими воспользоваться. Например, сократить расходы на отопление, лучше развить сельское хозяйство или индустрию отдыха и туризма.

Велика вероятность негативного развития последствий глобального изменения климата. Возможно увеличение частоты и силы штормов, муссонных осадков и тайфунов, хотя пока оно и не проявилось. С другой стороны, уже отмечается рост пожароопасности лесов, где вероятен и негативный вклад климатических изменений. Можно ожидать более частые многоснежные зимы в местах обитания тигра, а они ведут к снижению численности копытных животных — его главной пищи.

Ситуация может кардинально ухудшиться, если негативные климатические последствия будут накладываться на непродуманную хозяйственную деятельность. Например, если рост пожароопасности лесов и проникновение вредителей и болезней леса наложатся на проведенные ранее рубки особо ценных лесов, в частности орехопромысловых зон. Поэтому сегодня важнейшей задачей является предотвращение таких рубок, тем более что леса нужны вне зависимости от изменений климата.

ТЕМА 5

СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

Что можно сделать для снижения влияния человека на климат?

В первом тематическом разделе было показано, что резкий рост концентрации CO_2 в атмосфере является главной климатической особенностью последних десятилетий. При этом его основной причиной являются выбросы углекислого газа от сжигания ископаемого топлива — угля, газа и нефтепродуктов (более подробно источники поступления парниковых газов в атмосферу рассмотрены в приложении 1). Выше также было рассмотрено, какие климатические изменения уже происходят и что вероятно ожидать в ближайшие десятилетия. Негативных эффектов немало и гораздо больше, чем позитивных. Поэтому снижение выбросов CO_2 считается важнейшей мерой по уменьшению антропогенного воздействия на климатическую систему, что подчеркивается в Климатической доктрине России и Комплексном плане ее реализации¹. В этих документах говорится, что недостаточно одних действий по адаптации к изменениям климата (в частности, тех, которые описаны в предыдущем тематическом разделе).

В России почти все антропогенные выбросы CO_2 происходят при сжигании угля, газа и нефтепродуктов в энергетике, транспорте, промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Очень много топлива тратится на выработку тепла. Поэтому его сбережение вносит важнейший вклад в решение сразу трех проблем.

Во-первых, экономической — топливо становится все дороже и платить за тепло и электроэнергию приходится все больше — как промышленным предприятиям, так и школам и отдельным гражданам.

¹ Климатическая доктрина РФ. 2009. Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». <http://www.kremlin.ru/news/6365> или <http://президент.рф/acts/6365>. См. также: http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine.doc Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 25 апреля 2011 г. № 730-р «Об утверждении комплексного плана реализации Климатической доктрины РФ на период до 2020 г.». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2074495/> см. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine_Action_Pl.

Во-вторых, технологической — наша страна очень отстала от развитых стран по уровню энергоэффективности экономики (более подробно см. приложение 1). Об этом сейчас очень много говорится, и усилия требуются не только от крупных предприятий и администраций городов и поселков, но и от населения. Ведь энергоэффективность — это не только более современная выработка тепла и электроэнергии, но и их меньшие потери. Экономисты подсчитали, что в нашей стране затраты на экономию 1 кВт·ч электроэнергии, например, за счет более современного освещения, в 3 раза меньше, чем затраты на добычу, доставку и сжигание топлива, требующегося для выработки этого 1 кВт·ч. Для развития экономики России гораздо эффективнее сберегать энергию, а не добывать все больше угля и газа².

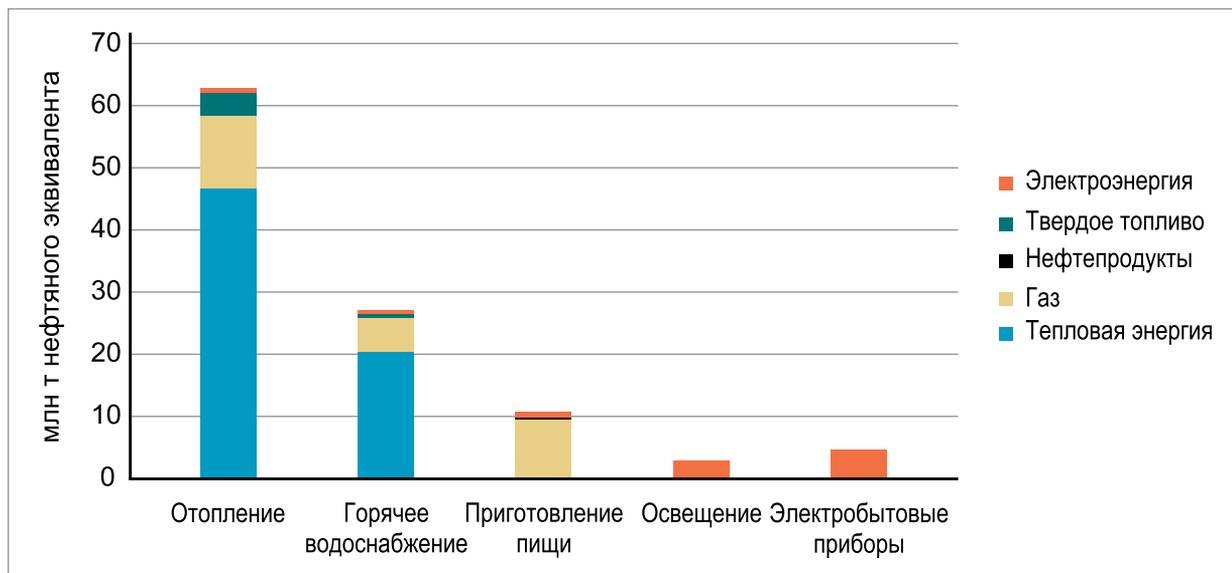
В-третьих, климатической — именно в сбережении тепла и электроэнергии заключается возможность каждого из нас участвовать в снижении воздействия человека на климат. Конечно, есть и другие возможности, например, использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ)³, работа которых не приводит к выбросам CO₂. Рядовые граждане, школы и другие организации тоже могут внести свой вклад в использование ВИЭ. Однако пока в нашей стране эти возможности гораздо меньше, чем эффект от экономии тепла и электроэнергии.

Именно поэтому экономии тепла и электроэнергии посвящены два заключительных тематических раздела данной книги. Они подготовлены с использованием материалов, предоставленных Ольгой Сеновой («Друзья Балтики», Российский социально-экологический союз) и Марией Смирновой (АРМО «Этас»), включая и наработки, полученные в рамках программы ШПИРЭ.

Заметим, что в нашей стране в целом в жилых домах расход тепла на отопление и горячее водоснабжение — главный вид потребления энергии, а значит и выбросов CO₂. На втором месте

² Энергоэффективность в России: скрытый резерв. ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, Москва, 2008, с. 51. [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf). См. также: Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоемкости выбросов парниковых газов. McKinsey & Company, 2009. http://energoser.info/upload/pdf/CO2_Russia_RUS_final.pdf

³ К ВИЭ относят энергию ветра, солнца, морских приливов, подземного геотермального тепла, гидроэнергетику. Использование биомассы в качестве топлива, например, древесины, древесных или сельскохозяйственных отходов, тоже относится к ВИЭ, так как CO₂, который выбрасывается при их сжигании, был в прошлые годы или десятилетия поглощен из атмосферы в процессе фотосинтеза и роста растений. Тут образуется как бы замкнутый круговорот CO₂. Заметим, что использование торфа к ВИЭ не относится, поскольку процессы его образования занимают тысячи лет — возобновление происходит несоизмеримо медленнее, чем использование.



идет использование газа (на отопление, приготовление пищи и подогрев воды) и на третьем расход электроэнергии (рис. 5.1).

Расчеты показали, что в России даже самые простые меры по сбережению тепла в жилых домах (без их капитального ремонта) могут дать снижение выбросов на 70 млн т CO₂ в год⁴, что больше, чем все выбросы парниковых газов в Швеции (более подробная информация о выбросах парниковых газов в мире и России дана в приложении 1). Заметим, что более сложные меры, которые реализуются при капитальном ремонте, дают столько же — по всей стране примерно 70 млн т ежегодного снижения выбросов CO₂. Получается, что малые и большие меры равновелики, и нести ответственность за сбережение тепла должны как строительные и обслуживающие дома организации, так и граждане⁵.

Ниже сначала будет показано, как тепло в прямом смысле утекает из зданий, затем будут рассмотрены простейшие способы его сохранения, после чего будет дана краткая информация о «пассивных» домах — образцах идеальной теплоизоляции и сбережения тепла.

Рис. 5.1
Потребление энергии в жилом секторе России

Источник: Энергоэффективность в России: скрытый резерв. ЦЭНЭФ, WB, IFC, Москва, 2008, стр. 51
[http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf)

⁴ Энергоэффективность в России: скрытый резерв. ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, Москва, 2008, с. 51. [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf). См. также: Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоемкости выбросов парниковых газов. McKinsey & Company, 2009. http://energoser.info/upload/pdf/CO2_Russia_RUS_final.pdf

⁵ Там же.

Источники потерь тепла в жилых зданиях

На теплопотери влияют два фактора: 1) разница температур в помещении и на улице — чем она больше, тем больше теплопотери, и 2) теплоизоляционные свойства ограждающих конструкций (стен, перекрытий, окон). Основные потери тепловой энергии зданий приходятся на стены, крышу, окна и полы. Значительная часть тепла покидает помещения через системы вентиляции.

Скрытые дефекты зданий, в результате которых тепло начинает «убегать» из дома, могут возникать и из-за некачественно выполненных строительных работ, и из-за ошибок в проектировании, и из-за старения конструкций дома и теплоизолирующих материалов.

Для того чтобы увидеть, насколько хорошо сохраняют тепло стены, перекрытия, окна домов, и определить, где происходят утечки тепла, используют тепловизоры — приборы, позволяющие оценить распределение температуры на любой поверхности, например, стене жилого дома. Именно это — температура поверхности здания — его стен, окон, стыков между панелями и т.п. приводится на рисунках 5.2–5.9. Распределение температуры отображается на дисплее как цветовое поле, где определенной температуре соответствует определенный цвет⁶. Рядом с изображением всегда приводят шкалу, показывающую соответствие цвета на рисунке и температуры в градусах Цельсия, — чем темнее цвет, тем ниже температура (шкала отдель-

Рис. 5.2
Пятиэтажный дом
серии ГИ постройки
1960-х годов
«светится» от
теплопотерь меж-
панельных стыков.
Решением (если речь
не идет о сносе или
капитальном ремонте)
может быть только
качественный ремонт
фасада с примене-
нием современных
материалов



⁶ Источник рис. 5.2–5.6: Урбан Ф. Как мы отапливаем улицы // Бюллетень недвижимости, 18 января 2012. <http://www.bn.ru/articles/2012/01/18/89218.html>

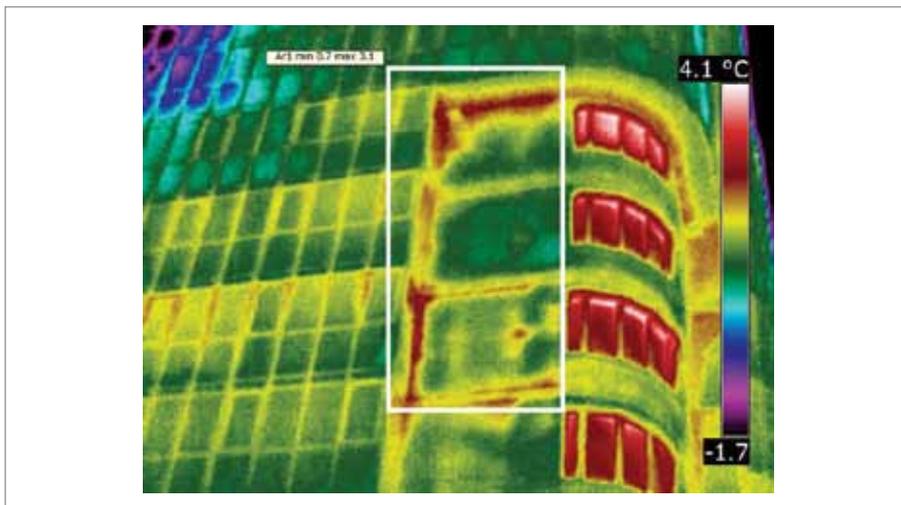


Рис. 5.3
Продуваемый ветром угол кирпичного дома в Санкт-Петербурге.

Видны теплопотери в остеклении лоджий (ярко-красные «зубы» в правой части снимка), а также по швам перекрытий — во фрагменте, выделенном белой рамкой (слева вверху от фрагмента на белой полоске показаны минимальные и максимальные температуры в его пределах)

но приводится на каждом из рисунков 5.2–5.9). Если на поверхности здания есть яркие пятна или полосы, это говорит о более высокой температуре данных участков, которые в прямом смысле слова греются самим зданием — теплом, выходящим из внутренних помещений — комнат, чердаков, подвалов, лестничных клеток и т. п., в «ярких» местах теплоизоляция гораздо хуже, чем в «темных».

Межпанельные стыки. В любом панельном доме самое слабое место с точки зрения потерь тепла — стыки панелей наружного стенового ограждения (рис. 5.2–5.4).

Окна. В большинстве случаев тепло из квартир уходит через окна, см. рис. 5.1–5.6. От старости, кривых рам, плохой герметизации или в результате некачественной установки могут возникнуть щели. Плохо отрегулированный механизм открывания-закрыва-

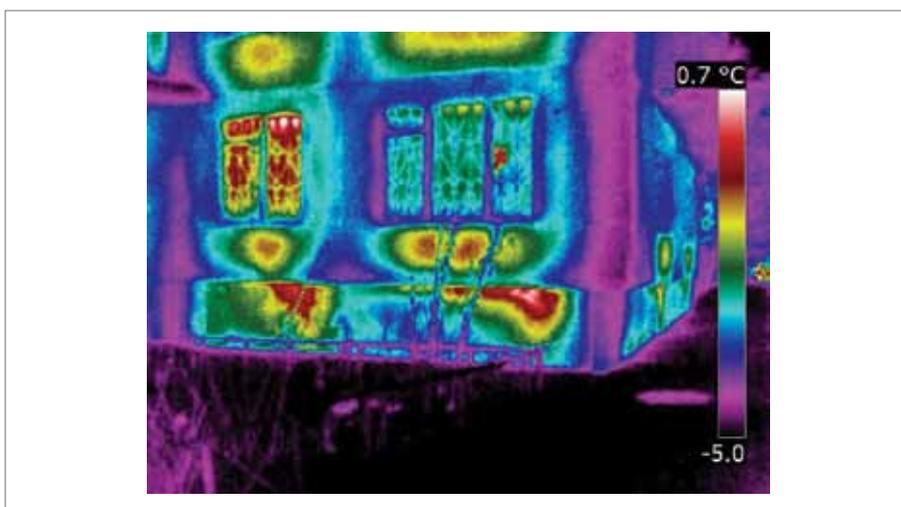
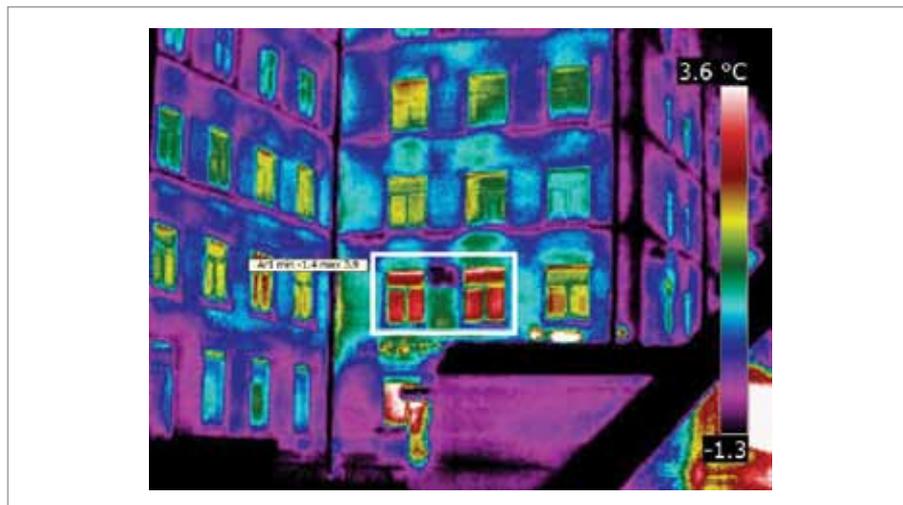


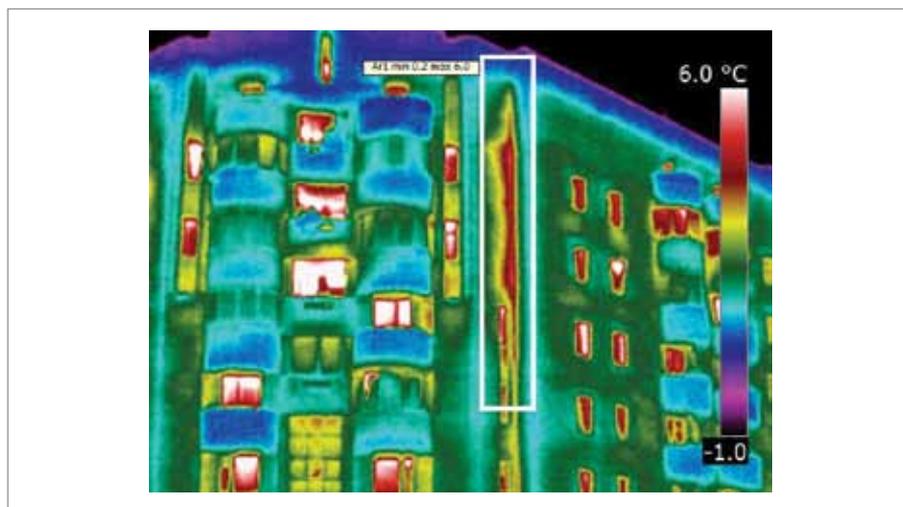
Рис. 5.4
Серьезные дефекты в утеплении цокольного уровня дома 507-й серии («хрущевских» пятиэтажек) — ярко-красные пятна внизу изображения. Выше видны радиаторы, расположенные под окнами (зоны утечек тепла — прогрев радиаторами отопления)

Рис. 5.5
Оконные дефекты в «сталинском» доме в Санкт-Петербурге (на углу Варшавской ул. и Ленинского пр.). Тепло-визорная диагностика показывает как дефекты в установке окон — яркие полосы, так и проблемы, связанные с некачественными окнами, — во фрагменте, выделенном белой рамкой (слева вверху от фрагмента на белой полоске показаны минимальные и максимальные температуры в его пределах)



ния окна, отсутствие обещанного производителем аргонового заполнения⁷ или металлического напыления (так называемые i- или k-стекла⁸) также может привести к утечке тепла. Металлическое

Рис. 5.6
Кирпичный дом — некоторые окна не выдерживают никакой критики, также видны потери тепла по месту сопряжения плоскостей стен во фрагменте, выделенном белой рамкой (слева вверху от фрагмента на белой полоске показаны минимальные и максимальные температуры в его пределах)



⁷ Заполнение пространства между стеклами инертным газом аргоном немного снижает теплопередачу. Аргон примерно в 1,5 раза тяжелее воздуха, и его теплопроводность тоже примерно в 1,5 раза ниже. Кроме того, заполнение более тяжелым газом снижает конвекцию внутри стеклопакета, что также хорошо для его теплоизолирующих свойств. Заполнение аргоном в принципе повышает звукоизолирующие свойства и снижает светопропускание, но это очень малые эффекты.

⁸ В i-стеклах на внутреннюю сторону внешнего стекла нанесено металлическое напыление (оно легко повреждается, поэтому всегда должно быть внутри стеклопакета). Есть еще k-стекла, где металлические частицы внедрены в само стекло, а не на его поверхность. По сохранению тепла это менее совершенный вариант, однако он пригоден там, где есть контакт с окружающей средой или комнатным воздухом, например при использовании рам с одним стеклом.

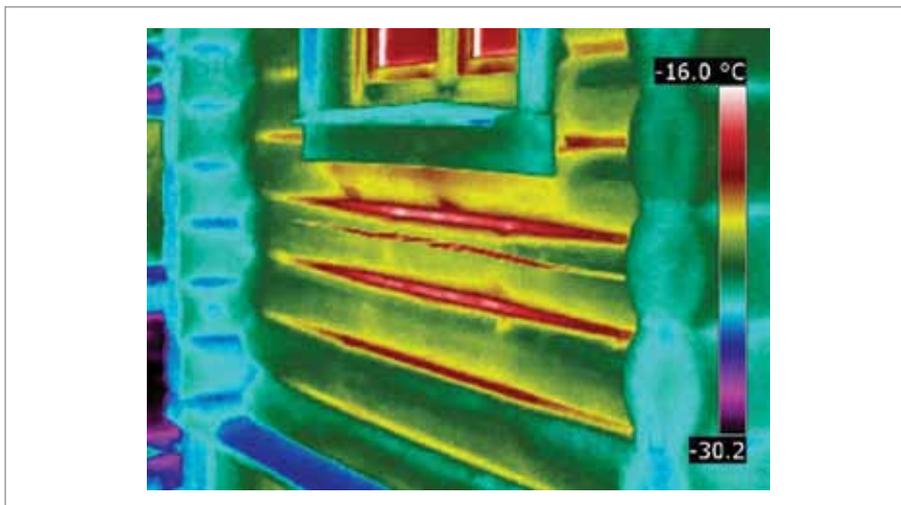


Рис. 5.7
Деревянный сруб:
потери тепла
между бревнами
и через старые
окна

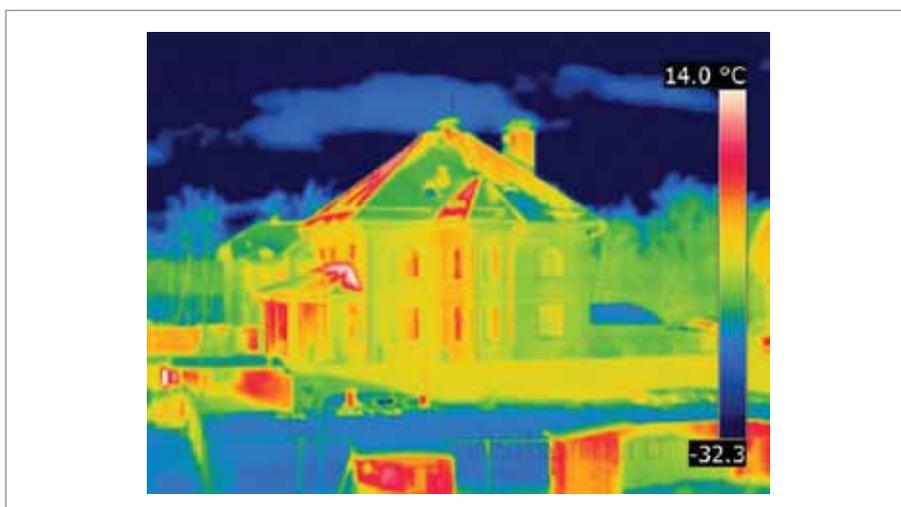


Рис. 5.8
Потери тепла
в «современном»
коттедже

напыление⁹ отражает исходящее из комнаты инфракрасное излучение назад. В результате однокамерный стеклопакет с i-стеклом при внешней температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а комнатной температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, будет держать температуру обращенной в комнату поверхности внутреннего стекла, равную $+13 - +15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹⁰, в то время как такой же пакет без напыления даст только $+5 - +7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такое повышение температуры еще и снижает вертикальную конвекцию вдоль плоскости стекла, и в морозы становится комфортно сидеть

⁹ Наличие напыления можно проверить. Если в комнате рядом со стеклом зажечь свечку, то отражение будет двойным. Дальний язычок пламени (отражение от внешнего стекла с напылением) будет чуть красновато-фиолетовым, а ближний (отражение от внутреннего стекла) — более желтоватым.

¹⁰ k-стекло даст $+10 - +12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

в комнате даже рядом с окном. Кроме того, напыление в летнее время несколько снижает поток солнечного света.

Также очень серьезной проблемой является потеря тепла через стыки стеклопакета или из-за плохого утепления всего окна по периметру.

В сельских домах и коттеджах с помощью тепловизоров тоже можно четко увидеть потери тепла (рис. 5.7 и 5.8)¹¹. Для владельца собственного дома каждая оставленная открытой форточка, щель в стене или «мостик» холода в виде куска арматуры, соединяющего внутренние помещения с открытым воздухом, оборачиваются лишними кубометрами дров или газа.

В многоквартирных домах все сложнее. При отсутствии индивидуальных приборов учета тепла в квартирах жильцы таких домов по-прежнему вынуждены оплачивать открытые окна соседей и лестничных клеток. Если в квартире холодно, то мы начинаем нагревать помещения различными приборами, как правило, электрическими. При таком нагреве за месяц можно легко потратить 300 и более кВт·ч, что оборачивается большими счетами. Гораздо лучше сохранить, чем расплачиваться.

Как сохранить тепло?

Как мы видели на тепловизорных изображениях, основные потери тепла происходят через некачественные стыки между панелями, через окна, щели под подоконниками и т.п. Конечно, утеплять многоквартирный дом — задача обслуживающих организаций, но предотвратить немалые потери тепла в квартире может и каждая семья¹².

Замена или утепление окон. Современные пластиковые (или деревянные) оконные конструкции прекрасно защищают от холода, за ними легко ухаживать, они просты в эксплуатации (Совет 1). Увы, ваши счета за тепло останутся прежними, ведь у нас пока нет индивидуальных счетчиков тепла. Однако если раньше в особо холодные дни вам приходилось подтапливать с помощью электронагревателей, то теперь это будет не нужно и счета за электричество станут существенно меньше. Если вы подсчитываете

¹¹ *Источник изображений:* Центр альтернативной энергетики, <http://auditenergy.ru/thermo.html>

¹² Примеры конкретных действий по сбережению тепла, выполненных школьниками в Архангельской области, можно найти в приложении 4.

ТЕМА 5. СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

семейный бюджет и думаете, во что обойдутся новые окна, учтите данную экономию. За год это будет немного, но за 20 и более лет службы окон они могут окупиться с «запасом».

При установке пластиковых окон помните, что щели между оконной рамой и стеной, а также под подоконником необходимо тщательно закрыть, как правило, специальной монтажной пеной (Совет 2). Нужно тщательно восстановить внешние откосы, причем так, чтобы пена была изолирована от влаги и солнечных лучей. Иначе со временем герметизация нарушается, образуются «мостики холода». Откосы внутри квартиры можно утеплить с помощью «сэндвич-панелей» (панель с внутренней прослойкой теплоизолирующего материала), не забывая герметизировать их стыки со стенами и с окнами.

Совет 1: Если есть возможность, поменяйте окна на современные пластиковые или деревянные стеклопакеты.

Совет 2: Если вы меняете окна, то главное внимание обращайте на стыки между отдельными стеклопакетами, а также на герметизацию щелей между окнами и стенами, потолком и подоконником.

Совет 3: Если окна не меняются на современные, то их надо утеплить: как минимум заложить щели поролоном, а затем заклеить малярным скотчем.

Совет 4: Шторы должны быть плотными и полностью закрывать окно. Желательно, чтобы шторы закрывали всю стену от пола до потолка. В холодные дни можно приподнять их нижний край, чтобы шторы не закрывали батареи отопления.

Если поменять окна невозможно, то займитесь их утеплением. Пройдите вдоль рам с зажженной свечой или тонким перышком. Отклонение пламени свечи укажет вам на сквозные отверстия, через которые уходит тепло. Если холод в помещение проникает через щели, образовавшиеся между стеклом и рамой, то их необходимо зашпаклевать. Лучше это сделать осенью, поскольку шпаклевка не выносит резких перепадов температуры. Наносят ее на сухие рамы.

Заклеивайте окна на зиму (Совет 3). Во избежание порчи краски на рамах лучше заклеивать заложенные поролоном (или другим утеплителем) щели малярным скотчем. После удаления весной он не будет оставлять следов. К достоинствам современных утеплителей можно отнести надежную теплоизоляцию окон

ТЕМА 5. СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

и возможность многократного открывания-закрывания окон с наклеенными уплотнителями.

Если в помещении трудно сохранять тепло, то отнеситесь серьезно и к выбору штор. Они должны быть плотными, от пола до потолка. По возможности не закрывайте ими батареи центрального отопления, чтобы они не задерживали тепло (Совет 4).

Сохранению тепла в квартире также поможет утепление балкона (лоджии): герметичное остекление и утепление всех его стен, пола и потолка.

Утепление входной двери. Входная дверь может быть серьезным источником потери тепла. Если дверь пропускает холод, то идеальный вариант — заменить ее на новую, не пропускающую холод и шум (Совет 5).

К сожалению, часто замена входной двери на металлическую приводит к нарушению герметизации и щелям между коробкой и стенами. Если вы меняете дверь — внимательно отнеситесь к установке. Помните, что если собственно двери незначительно отличаются между собой, то качество их установки — очень важный фактор как в снижении потерь тепла, так и в изоляции вашей квартиры от шума (Совет 6).

Совет 5: Если есть возможность, поменяйте дверь на современную, не пропускающую холод и шум.

Совет 6: Если вы меняете дверь, то главное внимание обращайте на герметизацию щелей между дверной коробкой и стенами.

Совет 7: Если дверь не меняется на современную, то ее надо утеплить, обить теплоизолирующим материалом, особое внимание уделите щели под дверью.

Если дверь поменять невозможно, то ее утепление можно осуществить своими силами — обив дверь тонким пенопластом, ватином или другим теплоизолирующим материалом, а затем кожзаменителем. Отдельное внимание уделяют щели под дверью. Чтобы избавиться от нее, можно наклеить на дверь снизу специальную щетку, установить порог или сделать его выше (Совет 7).

Утепление стен и полов. Если в квартире холодно, то важно утеплить и стены. Более эффективно внешнее утепление наружных стен, выходящих на улицу. Наиболее подходящий способ — использование «мокрого» фасада. К стене крепится теплоизоли-

ТЕМА 5. СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

рующий материал (на основе минеральной ваты), затем кладется сетка и оштукатуривается.

Утепление квартиры изнутри обычно менее результативно из-за того, что стыки стен с межэтажными перекрытиями образуют дополнительные «мостики холода», которые сложно утеплить и герметизировать без образования внутри квартиры влаги — конденсата (последствием которого может стать появление грибка и плесени). Однако если нет других возможностей, то, конечно, утепляют помещение изнутри, для чего чаще всего применяют обшивку гипсокартоном (Совет 8).

Еще один способ сохранения тепла — правильная расстановка мебели. Вдоль самых холодных стен должны быть установлены шкафы — тогда они будут служить дополнительным препятствием для проникновения холода от стен внутрь помещения. Здесь же заметим, что мебель в помещении не должна препятствовать циркуляции теплого воздуха, поэтому не ставьте ничего рядом с батареей, внутри ее должен свободно поступать воздух (Совет 9).

Совет 8: Если окна и двери утеплены, но все равно холодно, то можно утеплить стены, например, обшив их гипсокартоном.

Совет 9: Нужно правильно расставлять мебель: вдоль самых холодных стен можно поставить шкафы, а батареи отопления ни в коем случае не загораживать.

Совет 10: Хорошей и недорогой теплоизоляцией пола будет линолеум на войлочной основе, но его надо положить не приклеивая.

Утеплить пол в уже построенном доме сложно, однако иногда это необходимо. Самый простой и доступный вариант — положить линолеум на войлочной основе. Однако ни в коем случае не надо приклеивать его к полу, иначе слипшийся войлок потеряет теплоизоляционные свойства (Совет 10). Также под любое из напольных покрытий можно укладывать специальный утеплитель.

Замена и правильный уход за радиаторами отопления. Наиболее очевидный способ улучшить качество отопления помещения — заменить старые радиаторы на современные. Если вы решились на замену, учитывайте, что работы нужно проводить до начала отопительного сезона, ведь с его наступлением сантехники могут просто отказать в услуге. Планируя приобрести новые радиаторы, выбирайте такие, которые оснащены регулировкой

ТЕМА 5. СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

мощности. Для возможности регулировать работу батареи нужно, чтобы меньшее поступление воды в ваш радиатор не перекрывало весь стояк отопления — вертикальную трубу, идущую через все этажи здания (каждая батарея должна иметь индивидуальное подключение к стояку, если этого нет, то параллельно каждой батарее делаются вертикальные перемычки), см. Совет 11.

Если это невозможно, можно заставить старые батареи работать с большей отдачей. Для этого необходимо снять с них старую краску, ошкурить и выкрасить в темный цвет — гладкая и темная поверхность отдает на 5–10% тепла больше. Также можно взять лист фанеры, покрасить серебристой краской или оклеить фольгой, а затем поместить за батарею. Можно покрасить или оклеить фольгой и саму стену за батареей. Такой теплоотражающий экран направит тепло в квартиру, и вы не будете впустую обогревать стены (Совет 12).

Совет 11: Если есть возможность, поменяйте батареи отопления на современные, причем с регулятором мощности. Если нужно, сделайте перемычки, чтобы вода могла идти по всему зданию независимо от вашего регулятора.

Совет 12: Эффективность работы батареи увеличится, если между стеной и батареей будет серебристая поверхность: можно покрасить стену или оклеить ее фольгой, можно поставить серебристый лист.

Батареи надо регулярно протирать от пыли, поскольку она препятствует теплоотдаче. Напомним, что шторы и мебель не должны препятствовать оттоку тепла от радиатора в помещение.

Необходимо также следить за сохранением тепла в подъезде: окна на лестничных площадках должны быть застеклены и закрыты, парадная дверь также должна плотно закрываться, лучше, если входных дверей несколько.

Заметим здесь же, что нахождение в прохладном помещении более полезно для здоровья, чем в жарком. Если вам холодно, то прежде чем включать обогреватель, подумайте: может, стоит надеть что-то теплое. Это в разумных пределах даже полезней и к тому же позволит сэкономить электроэнергию.

«Пассивные» дома

«Пассивным» называют дом, который имеет очень хорошие теплоизоляционные свойства и почти не требует отопления. Очень небольшое отопление нужно только при внешней температуре воздуха ниже нуля. Такие дома строят во многих странах мира, прежде всего, в Европе. В «пассивном» доме потери тепла в разы меньше, чем в обычном, даже самом современном. Есть примеры домов, которые не требуют отопления даже при сильно отрицательных температурах, но, конечно, они гораздо дороже.

Проект одного из первых «пассивных» домов был разработан Институтом пассивного дома в Дармштадте¹³, Германия. При строительстве «пассивных» домов применяют самые передовые конструкции и материалы, а также используют новейшее оборудование. Такие дома самые совершенные по уровню комфорта, энергозатратам и внутреннему климату в помещении. «Пассивные» дома автоматически поддерживают комфортную температуру и влажность.

Популярность таких домов растет еще и потому, что в прессе появились многочисленные отзывы о пользе «пассивных» домов для людей, страдающих от аллергии. Свою роль сыграло и снижение стоимости строительства пассивных домов почти до уровня стоимости обычных домов, что стало возможным с ростом масштабов их строительства и благодаря совершенствованию технологий, инженерного оборудования и строительства.

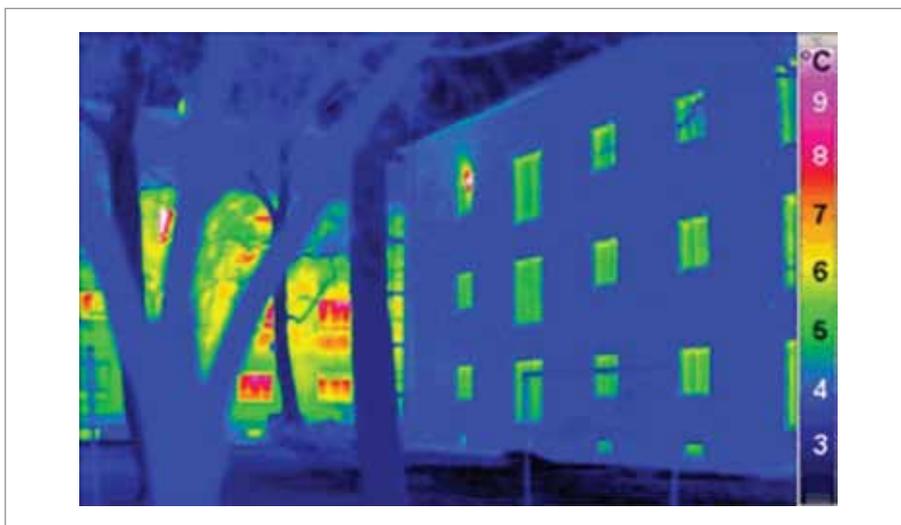


Рис. 5.9
Тепловизионная
съемка «пассивно-
го» дома (справа)
и обычного дома
(слева)

Источник: <http://konstryktorov.net/alternativnaya-energiya/chto-takoe-passivnyiy-dom>

¹³ <http://konstryktorov.net/alternativnaya-energiya/chto-takoe-passivnyiy-dom/>

Важной составляющей «пассивного» дома является уровень герметичности внешних конструкций и их усиленная теплоизоляция. Также используется эффект сохранения выделяемого в доме тепла. По максимуму применяются имеющиеся у дома возобновляемые источники энергии, как правило, солнечная энергия и геотермальная энергия земли (под землей температура всегда постоянна и в северных странах зимой гораздо выше температуры воздуха). Используется приточно-вытяжная вентиляция с очисткой впускаемого воздуха и рекуперацией тепла, применяются энергоэффективные архитектурно-планировочные решения (правильная ориентация по сторонам света и розе ветров, энергетически правильное расположение входных дверей и др.). Большинство окон «пассивного» дома обращены на юг, что дает значительный приток света и энергии даже в северных широтах.

Немаловажен и выбор энергоэффективной формы строения. При одинаковом объеме внутренних помещений меньше всего отдавать тепло будет здание в виде шара. Конечно, такая форма неудобна для строительства, но, как правило, «пассивные» дома стараются к ней приблизиться. Они часто имеют форму куба или лежащей на боку половинки цилиндра. Дом в виде вертикально стоящей тонкой «пластины» будет менее энергоэффективен.

Такому дому не страшны неожиданные перебои с источниками внешнего отопления. При температуре за окном $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ «пассивный» дом остывает всего на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ за сутки. Такого эффективного теплосбережения удастся добиться, например, благодаря аккумулирующим тепло массивным несущим стенам, совершенным плитам пола первого этажа и межэтажных перекрытий.

В Москве построено несколько экспериментальных зданий с использованием отдельных технологий, освоение которых важно для последующего строительства «пассивных» домов. Пока эти дома, конечно, очень далеки от «пассивных», но определенная экономия тепла в них достигается.

В Томске уже построен близкий к «пассивному» коттедж общей площадью 87 м^2 . Он состоит из керамзитобетонных панелей, которые отлично сохраняют тепло и при этом очень недороги. Для снижения затрат на эксплуатацию применены современные энергосберегающие технологии, в частности, установлен тепловой насос для отопления при помощи геотермального тепла. По предварительной оценке, снижение энергопотребления такого дома составит более 70%.

ТЕМА 5. СБЕРЕЖЕНИЕ ТЕПЛА В ЗДАНИЯХ

Демонстрационный вариант «пассивного» дома построен недалеко от Санкт-Петербурга. Там же начато строительство первого поселка «пассивных» домов. Строительство демонстрационного «пассивного» дома идет и в Нижнем Новгороде.

Строительство «пассивных» домов тесно сопряжено с разработкой и строительством так называемых «интеллектуальных» домов с автоматическим выполнением массы хозяйственных функций, включая и внутренний климат помещений — поддержание заданной температуры и влажности помещений. Вероятно, эти дома и могут называться домами будущего, пока же элементы «интеллектуальных» домов служат демонстрационным объектом и наглядным учебным пособием.

ТЕМА 6

СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ЭТО МОЖЕТ СДЕЛАТЬ КАЖДЫЙ

Потребление и возможности экономии электроэнергии

В среднем каждый житель России дома тратит примерно 2 кВт·ч электроэнергии в день. Самый экономный житель укладывается в 1 кВт·ч в день, а расточительному надо 3 и более кВт·ч в день¹. В пересчете на год разница между экономными и расточительными около 700 кВт·ч на человека. В зависимости от региона и времени потребления энергии (если счетчик двух- или трех-режимный, то ночью электричество обходится гораздо дешевле) экономный выигрывает у расточительного примерно 2 тыс. руб. в год, или 6 тыс. на семью из 3 человек.

В больших семьях часто легче тратить на человека меньше электроэнергии (например, один и тот же холодильник используется на всех), с другой стороны, в них, как правило, больше детей, на которых тратится больше электроэнергии (например, при стирке). Поэтому в среднем расход на человека можно рассматривать как типичный показатель, не сильно зависящий от размера семьи. Фактически важным отличием, на которое вы не можете повлиять, является только наличие газа и газовой плиты, электроплита — самый мощный электроприбор в вашей квартире, и расходует она немало электричества. Однако, как показывается ниже, и для нее есть способы более экономного расхода энергии.

Вы сами можете подсчитать, сколько кВт·ч расходует ваша семья в месяц и в среднем за день, а потом сравнить со средним по России. Так вы увидите, кем можете себя считать, экономным или расточительным.

Рассмотрим, из чего состоит домашний годовой «бюджет» электроэнергии среднего жителя нашей страны (рис 6.1).

Освещение: средний житель тратит 160 кВт·ч, расточительный — 240 кВт·ч, а экономный — только 40 кВт·ч. Большая экономия достигается за счет энергосберегающих люминесцентных

¹ Основой для расчетов данного раздела явилось исследование «Энергоэффективность в России: скрытый резерв». ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, Москва, 2008, 164 с. [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf)

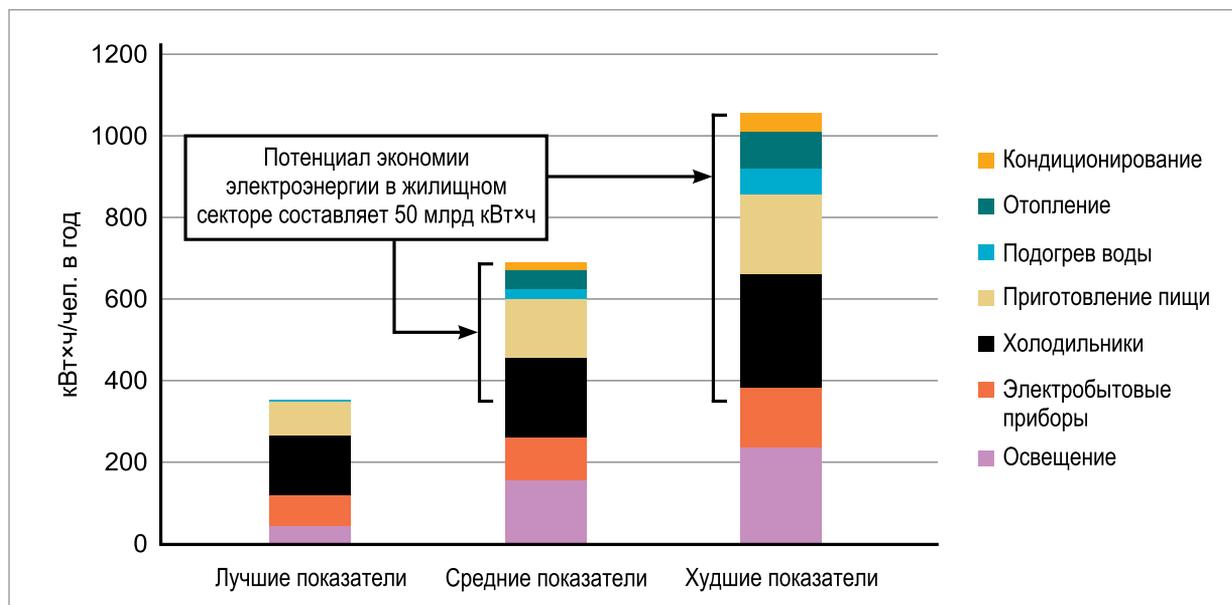


Рис. 6.1
Лучшие, средние и худшие показатели расхода электроэнергии на бытовые цели. Потенциал экономии электроэнергии

Источник: Энергоэффективность в России: скрытый резерв. ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, Москва, 2008, стр. 54. [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf)

ламп, а сейчас — и все большего использования светодиодов. Статистика показывает, каких кардинальных успехов достигают экономные граждане. Переход на новые лампы приводит к тому, что на освещение они тратят лишь чуть более 10% всей электроэнергии. Разница между экономным и расточительным пользователем — 6 раз (Совет 1). При этом не менее 20% экономии дает более рачительное отношение к освещению — выключение неиспользуемого света (Совет 2). Ваша потребность в освещении также зависит от стен и мебели (Совет 3).

Максимальную экономию дают светодиодные источники света — они потребляют в 2 раза меньше электроэнергии, чем люминесцентные лампы при той же светоотдаче. Важно, что они имеют долгий срок службы, работают беззвучно, не нагреваются, гораздо более устойчивы к ударам и не нуждаются в специальной утилизации, как люминесцентные, содержащие ртуть. Заметим, что ртуть

Совет 1: Вы можете сами подсчитать расход энергии на освещение: умножьте мощность каждой лампы на число минут или часов, когда она горит. Сравните себя с экономным потребителем.

Совет 2: Переход на новые лампы, а тем более на светодиоды, позволит кардинально сократить расход электроэнергии на освещение, но все же не забывайте выключать свет, даже светодиодный!

Совет 3: Помните, что светлые стены и мебель в квартире делают ее светлее, поскольку лучше отражают дневной или электрический свет.

ТЕМА 6. СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ЭТО МОЖЕТ СДЕЛАТЬ КАЖДЫЙ

в люминесцентных лампах очень мало, гораздо меньше, чем в медицинском градуснике. Да и сами лампы — это не что-то совершенно новое, они широко использовались еще в 1970–1980-е годы, но тогда это были только длинные белые «трубочки», требующие специального подключения. Сейчас их научились делать компактными и вставляющимися в обычный патрон. Поэтому бояться их из-за наличия ртути не нужно, но простейшие меры безопасности надо соблюдать (Совет 4), а отработавшие лампы не выбрасывать с обычным мусором, а, насколько возможно, относить в пункты приема (Совет 5).

Совет 4: Люминесцентные лампы редко разбиваются вдребезги. Как правило, появляется лишь трещина, тогда лампу надо положить в полиэтиленовый пакет без дыр и хорошо его завязать. Однако если лампа все же разбилась на части, то самое главное — избежать вдыхания паров ртути. Нужно немедленно открыть окна и хорошо проветрить помещение в течение нескольких минут. Только потом можно собрать осколки. Ни в коем случае нельзя бросаться собирать их сразу, тем более наклоняясь непосредственно к месту «трагедии».

Совет 5: Найдите в Интернете (например, можно использовать официальный сайт Гринпис России) и/или в вашей эксплуатирующей дома организации (ДЭЗ и т.п.) адреса пунктов приема отработанных энергосберегающих ламп.

Современные лампы на светодиодах уже имеют различный спектр излучения, в том числе и близкий к солнечному свету, причем работают они без мерцания, что позволяет исключить усталость глаз при работе. Пока стоимость светодиодных ламп достаточно высока, но с развитием технологий и ростом объемов производства цена будет снижаться. Вероятно, за ними наше будущее, когда на освещение будет тратиться лишь очень малая доля электроэнергии.

Электробытовые приборы. Средний житель тратит 100 кВт·ч, расточительный — 120 кВт·ч, а экономный — 80 кВт·ч. Здесь разница гораздо меньше, чем в освещении. Имеются в виду все бытовые электроприборы, кроме плиты и холодильника, о них стоит говорить отдельно. Статистика показывает, что современные электроприборы не только более удобны в эксплуатации, но и более экономичны, поэтому их предпочитает большая часть населения.

Однако сбережение энергии достигается не только за счет более энергоэффективных приборов — стиральных машин, телевизоров,

ТЕМА 6. СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ЭТО МОЖЕТ СДЕЛАТЬ КАЖДЫЙ

фенов, утюгов, но и за счет стилия их использования. Особенно это касается стиральной машины, ведь она сама нагревает воду, а это очень энергоемкий процесс. В большинстве случаев достаточно стирки при 30 °С в течение получаса (во всех современных стиральных машинах для этого есть соответствующий режим работы). Более того, современные стиральные порошки содержат ферменты, обеспечивающие качественную стирку даже при столь низкой температуре. Такая стирка требует почти в 10 раз меньше энергии, чем полтора часа стирки при температуре 90 °С (Совет 6). Также старайтесь использовать полную загрузку машины, это значительно сократит как удельный расход электроэнергии, так и расход воды (удельный — на стирку 1 кг вещей), см. Совет 7.

Можно экономить и на более мелких приборах, например на электрочайнике. Если каждый раз кипятить полный чайник, то на это уйдет в 2–4 раза больше электроэнергии, чем если кипятить только половину или четверть — тот объем кипятка, который вы сейчас собираетесь использовать (Совет 8).

Более того, можно экономить и на выключенной технике. Сейчас в наиболее развитых странах, например в Швейцарии, на важное место по расходу энергии выходит работа многочисленной электронной техники в ждущем режиме (stand by), когда прибор (чаще всего видеомаягнитофон) после выключения долгое время остается подключенным к сети, но не работает. Казалось бы, пустяк, но если приборов много, то это уже значительно (Совет 9). Сейчас ждущий режим обычно потребляет несколько ватт в час. Несколько приборов могут дать 10 кВт·ч или 0,24 кВт·ч в сут-

Совет 6: Используйте экономный режим работы стиральной машины: стирку в течение 30–40 мин. при температуре 30 °С.

Совет 7: Стирайте по мере накопления достаточно большого количества вещей, чтобы загрузка машины была, насколько возможно, полной.

Совет 8: Включая электрочайник, задумайтесь, сколько вам нужно воды. В большинстве случаев достаточно 0,5–0,7 л.

Совет 9: Если вы редко пользуетесь маягнитофоном или телевизором, выключите их кнопкой выключения, а не просто с пульта дистанционного управления (в этом случае будет включен режим stand by): экономия будет небольшая, но ведь и расход совершенно не имеет смысла.

Совет 10: Если у вас внешний модем для выхода в Интернет (не встроенный в компьютер), то не забывайте его выключать.

ки. Если человек живет один, то это уже четверть его суточного расхода электроэнергии в экономном режиме жизни. Компьютер обычно выключают кнопкой, но и тут может быть хитрость. Посмотрите, как у вас подсоединен модем для выхода в Интернет. Он может быть запитан отдельно и не выключаться при выключении компьютера. Этот «тихий пожиратель» электричества может расходовать 10–30 Вт, а старые образцы — даже до 60 Вт (Совет 10).

Холодильник. По среднегодовому расходу это самый энергоемкий прибор в вашей квартире, и от его качества и стиля использования ваш расход электроэнергии зависит очень сильно. Средний житель тратит в год на холодильник 200 кВт·ч, расточительный — 300 кВт·ч, а экономный — 150 кВт·ч.

Если сравнить современный холодильник с его предшественником 20–30-летней давности (того же объема и потребительских характеристик), то разница в энергопотреблении может составлять 3 и даже 5 раз, особенно когда через старые уплотнители, потерявшие эластичность, в холодильник проникает теплый воздух. Для энергоэкономной семьи из 1–2 человек покупка нового холодильника может в полтора раза снизить счета за электричество (Совет 11). Большинство новых бытовых холодильников вполне современны по энергопотреблению и отвечают классам «А» (номинальное энергопотребление — 300 кВт·ч в год) или «В» (номинальное энергопотребление — 365 кВт·ч в год).

Кроме того, имеет значение и то, как вы используете холодильник. Чем меньше вы его открываете, тем лучше, вы вполне можете экономно расходовать холод вашего холодильника (Совет 12). Также не надо поддерживать в холодильнике излишне холодную температуру. Ее можно изменять регулятором, обычно для

Совет 11: Если вас не устраивают счета за электричество, прежде всего, посмотрите, какой у вас холодильник!

Совет 12: Не используйте холодильник как выставку еды: нужно заранее знать, что вы хотите оттуда взять, тогда дверца будет открыта короткое время, и теплый воздух из комнаты будет минимально попадать в холодильник.

Совет 13: Держите регулятор холодильника в положении, близком к минимуму, — на делении 1–2 из 5 (или на 2–4 из 10, в зависимости от шкалы конкретного регулятора).

Совет 14: Холодильник не должен стоять рядом с плитой или непосредственно у радиатора отопления.

ТЕМА 6. СБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ЭТО МОЖЕТ СДЕЛАТЬ КАЖДЫЙ

типичных условий эксплуатации достаточно поставить регулятор в положение, близкое к минимуму (Совет 13). Чем меньше при этом разница температур между воздухом в комнате и в холодильнике, тем меньше теплообмен и тем меньше расход энергии. Из этого следует, что не надо ставить холодильник в более жарких местах вашей кухни, например рядом с плитой (Совет 14). Ну и конечно, нельзя ставить в холодильник теплую еду: для этого лучше подойдет балкон или столик на кухне.

Электроплита. Это самый мощный электроприбор в вашей квартире: при всех включенных конфорках и духовке она может потреблять до 20 кВт, что в 10 раз больше мощного электрочайника или утюга. Но электрический чайник отключается при закипании воды, а оставить включенным утюг мы боимся. А вот оставить плиту включенной на время телефонного разговора с подругой — пожалуйста (Совет 15). Средний житель тратит в год на электроплиту 150 кВт·ч, расточительный — 200 кВт·ч, а экономный — 90 кВт·ч. Это среднестатистические данные для всех жителей, тогда как примерно половина домов в нашей стране имеет газовые плиты. Поэтому если взять только владельцев электроплит, то указанные выше числа надо умножить примерно на 2.

В любом случае расход энергии во время приготовления пищи экономным жителем отличается от расточительного в 2 раза. Прежде всего, дело в типе плиты. Обычные плиты с конфорками-«блинчиками» имеют две проблемы: медленно разогреваются (и потом долго остывают и нагревают кухню) и, главное, «блинчики» очень быстро становятся выпуклыми. Исправить их невозможно, только заменять на новые. Еще можно посоветовать, особенно если вы готовите немного, использовать только одну и ту же самую лучшую и ровную конфорку — готовить блюда не одновременно, а одно за другим (Совет 16).

Совет 15: Выключайте электроплиту, если у вас по тем или иным причинам возникла пауза в нагревании пищи и плита вам не нужна.

Совет 16: Если у вас плита с круглыми «блинчиками», то следите за их состоянием, старайтесь использовать только ровные «блинчики», дающие хороший контакт с посудой.

Совет 17: При выборе плиты рассмотрите возможность приобретения электроплиты с плоской керамической панелью.

Совет 18: Используйте только кастрюли и сковородки с плоским дном, особенно на плите с плоской керамической панелью.

Новые плиты с керамическими панелями — идеально ровные, поэтому передача тепла к кастрюле или сковородке на них идет несоизмеримо быстрее (Совет 17). Их нагревательные элементы быстро нагреваются и так же быстро остывают. Собственно панель стоит недорого, а покупать ее в комплекте с плитой дорогих марок совершенно не обязательно. Панель может быть встроена и в обычный кухонный столик, а духовка может быть куплена отдельно, причем любая, ведь большинство из нас пользуется ею гораздо реже, чем конфорками.

О том, что для электроплиты нужна посуда с плоским дном, вероятно, знают все. При варке на обычной плите с неровными «блинчиками» это не столь важно, а неровное дно кастрюли при варке на керамической может свести на нет все ее преимущества (Совет 18).

Отопление, подогрев воды, кондиционеры. В эту категорию входят электронагреватели воздуха и воды, которые используются, когда в квартире холодно, есть перебои с горячей водой и т.п. Средний житель России тратит в год 30 кВт·ч, расточительный — 90 кВт·ч, а экономный не тратит практически ничего. Получается, что у экономных жителей окна и двери уже утеплены и нагревать помещение электричеством им не надо. Остальным же желательно обратиться к советам, которые даны в предыдущем тематическом разделе, посвященном сбережению тепла.

Кондиционеры у нас ставят все чаще, но если отдельно не рассматривать южные регионы страны, то используются они обычно очень немного дней в году, и в масштабе страны их, вероятно, рассматривать рано (см. рис. 6.1).

Надо признать, что если у человека нет моральных стимулов беречь энергию (так же как и не бросать мусор где попало или не лить воду без надобности), то экономическими соображениями его пока сложно побудить к экономии электричества. Но дайте время: тарифы растут и могут стать «европейскими», а доходы наши вряд ли значительно увеличатся. Тогда будет куда больше стимулов экономить энергию.

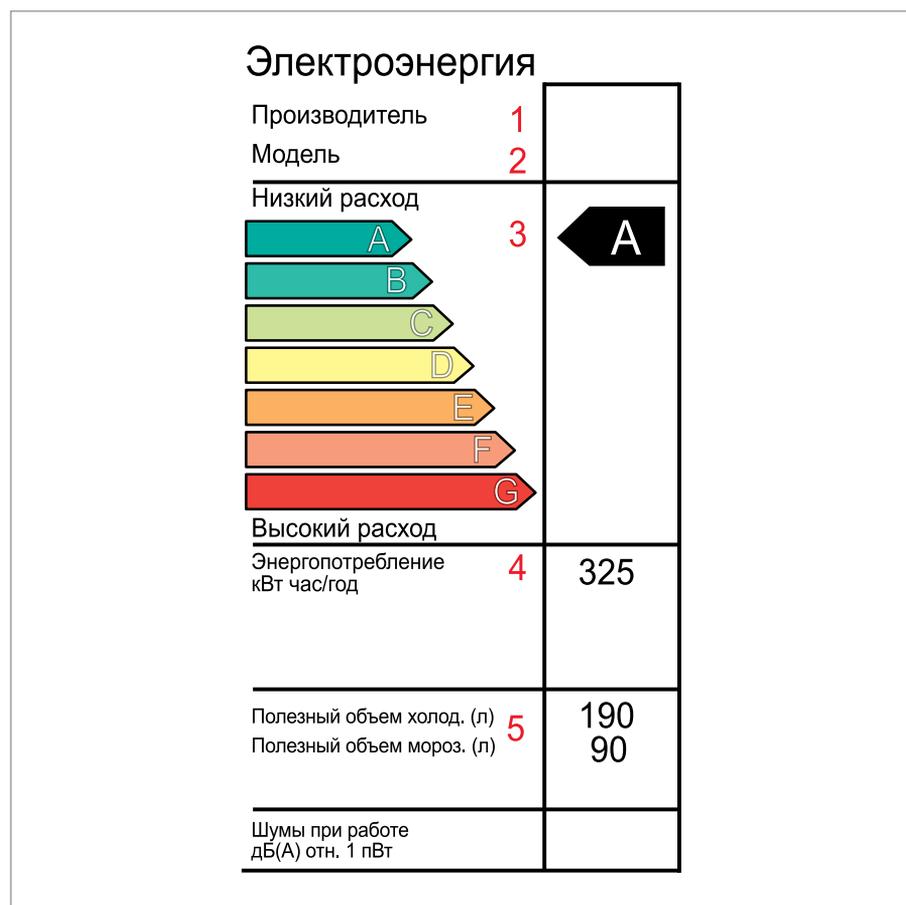
Пока же больше всего для вашего бюджета даст постанова двух- или трехдиапазонных счетчиков («день-ночь» или «пик-полупик-ночь») и максимальное использование ночного тарифа, который может быть в 3–5 раз меньше, чем пиковый. На общий расход электроэнергии и «ваши» выбросы CO₂ это практически не повлияет (более оптимальный режим работы электростанций

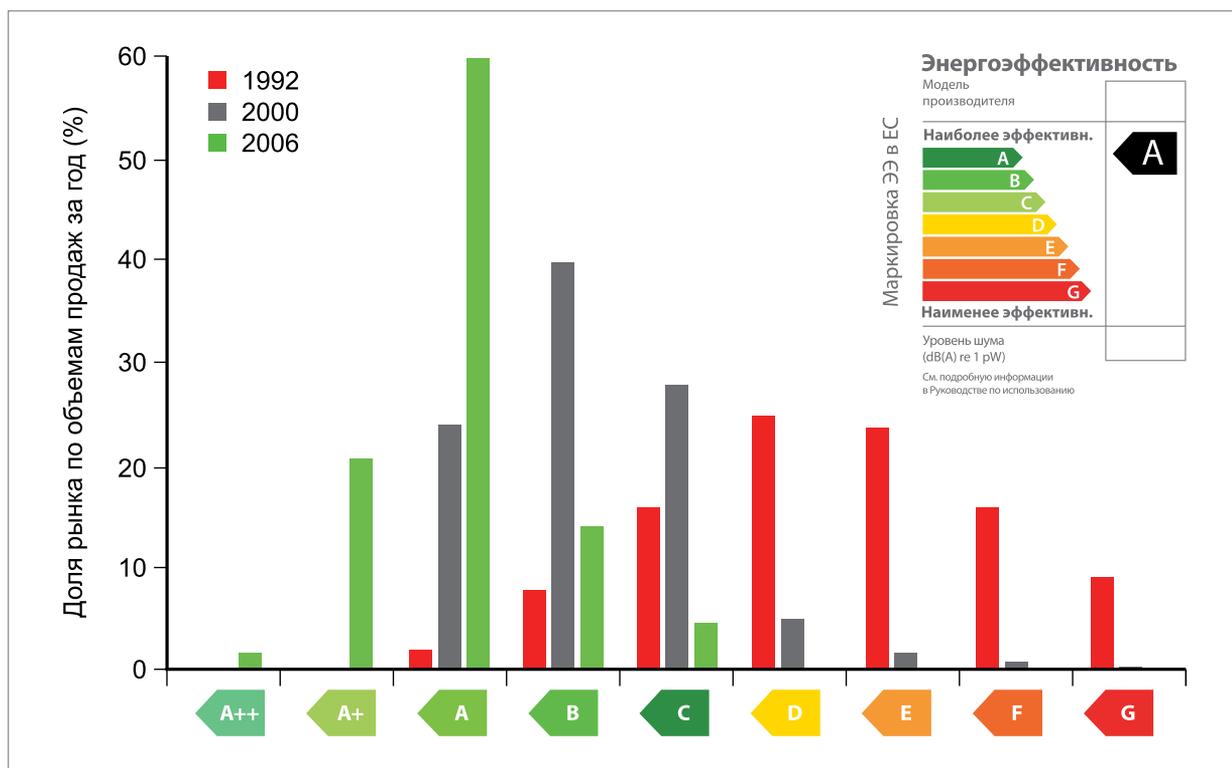
даст некоторую экономию топлива, но относительно небольшую), однако платить вы будете меньше. Во многих странах стало нормой запускать стиральную машину по ночам. Использовать электрические нагреватели, если это нужно, тоже гораздо выгоднее ночью.

Маркировка энергоэффективности

Европейская маркировка энергоэффективности (European energy label) была разработана Европейской комиссией и стала обязательной для бытовых электроприборов и ламп, продаваемых в странах ЕС, еще в 1995 г. Цель этикетки — дать потребителям возможность сравнить энергоэффективность, а также некоторые другие потребительские свойства аналогичных товаров одного или нескольких производителей (рис. 6.2). Наиболее энергоэффективны товары, имеющие класс энергоэффективности «А» (либо даже выше — «А+», «А++», «А+++»), наименее — имеющие маркировку класса «G».

Рис. 6.2
Образец этикетки стандарта ЕС 1995 года.
 Энергетическая наклейка холодильника:
 1 — изготовитель или торговая марка;
 2 — модель;
 3 — класс энергопотребления от А++ до G;
 4 — величина энергопотребления, кВт·ч/год;
 5 — полезный объем холодильной и морозильной камер





В ряде исследований, посвященных оценке эффективности введения такой маркировки, отмечается, что этикетка узнаваема и понимаема потребителями. В частности, на территории ЕС треть покупок холодильников осуществляется с учетом информации на знаке. Отмечается, что большее влияние знак оказывает на жителей северных стран Европы, которые исторически более озабочены проблемой сохранения энергии. С введением знака средние показатели продаж энергоэффективных бытовых приборов в ЕС выросли на 29% (рис. 6.3)².

В США знак энергоэффективности «Energy Star» был разработан Агентством по охране окружающей среды в 1992 году (рис. 6.4). Стандарт, при выполнении условий которого давалось право на использование маркировки, сначала был предназначен для мониторов компьютеров с низким энергопотреблением. Сегодня более 98% компьютеров имеют эту маркировку. Сейчас она присваивается также 35 другим типам товаров: от приборов до строений (например, в США более 100 тыс. семей живут в домах, имеющих этот знак).

Рис. 6.3
Влияние маркировки и стандартов энергоэффективности на рынок холодильников и морозильников в ЕС

Источник: United Nations Development Programme (2011a). Policy and Financial Instruments for Low-Emission Climate-Resilient Development. New York

² Sammer K., Wüstenhagen R. The Influence of Eco-Labeling on Consumer Behavior – Results of a Discrete Choice Analysis. Business Strategy & the Environment. Sept., 2005.

Рис. 6.4
Знак «Energy Star»



В 2002 году с помощью программы «Energy Star», покупая более энергоэффективную технику, американцы сократили выбросы CO₂, эквивалентные выбросам 14 млн автомобилей. При этом экономия на электроэнергии составила 7 млрд долл.

Последняя версия стандарта «Energy Star», вступившая в силу 20 июля 2007 года, обязывает компьютеры иметь «спящий режим», переход в который осуществляется после получаса бездействия (кроме интернет-серверов, работающих круглосуточно), а также требует использования высокоэффективных блоков питания.

В 2010 году сокращение выбросов CO₂ было равно объему выбросов уже 38 млн автомобилей, а экономия составила 20 млрд долл³. Согласно исследованию Natural Marketing Institute в США 66% потребителей заявили, что наличие знака влияет на решение о покупке, и только 12% сказали, что не придают знаку никакого значения⁴.

Согласно федеральному закону № 261-ФЗ от 23.11.09 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» все бытовые энергопотребляющие устройства с 1 января 2011 года должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к товарам, в их маркировке и на этикетках.

³ Energy Star, Annual Report 2010, www.energystar.gov

⁴ Green Labels Positively Impact Purchase Behavior, 20 мая 2008, <http://www.environmentalleader.com/2008/05/20/green-labels-positively-impact-purchase-behavior> (10.10.2011).

Как наша экономия электроэнергии проявляется в тоннах CO₂?

Выработка 1 кВт·ч в мире в целом связана с выбросами примерно 800 г CO₂, но она сильно зависит от источников энергии в конкретной стране и даже в конкретном регионе. Во многих случаях для центральной части европейской территории России это только 300 г CO₂, так как там много электроэнергии дают ГЭС и АЭС, а уголь почти не используется. Практически нулевой выброс дают такие возобновляемые источники энергии, как солнце, ветер, геотермальная энергия, использование современного древесного биотоплива или биогаза (для биотоплива ноль обусловлен тем, что выбрасываемый при сжигании CO₂ ранее был поглощен из атмосферы при росте дерева или иного растения или животного). Увы, пока этих источников в России очень мало.

При использовании газа выброс CO₂ меньше, а угля — значительно больше (см. табл. П1.2 на стр. 193); на современных станциях комбинированного цикла выработки тепла и электроэнергии — меньше, на старых — больше. Однако это только прямая экономия топлива и снижение выбросов. Снижение спроса на 1 кВт·ч благоприятно скажется на всей энергетической отрасли, так как будут уменьшаться затраты на разведку, добычу, транспортировку угля или газа, также сократятся потери произведенной энергии в ЛЭП и т. п. В результате экономия 1 кВт·ч косвенно экономит 3–5 кВт·ч.

Говоря о северных и восточных регионах России, где используется много угля, а транспортировка топлива требует много энергии, экономию 1 кВт·ч можно пересчитать в снижение выбросов примерно на 3 кг CO₂. Тогда семейную годовую экономию трех человек, перешедших из худших в лучшие потребители электроэнергии, можно оценить в 6,3 т CO₂ в год.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Справочная информация об антропогенных выбросах парниковых газов

Предисловие

В данном приложении приводится вспомогательная информация о выбросах парниковых газов, которая может использоваться при изучении первого, третьего, пятого и шестого тематических разделов. В первом разделе приведены данные об общем росте концентраций CO_2 , CH_4 и N_2O в атмосфере (рис. 1.10, стр. 37), а также рассмотрен глобальный баланс CO_2 (рис. 1.11). Ниже в приложении дается более подробная информация об антропогенных источниках данных выбросов с разбивкой по секторам мировой экономики, видам деятельности человека и отдельным странам, включая Россию. Показано, насколько важны энергетика и, соответственно, экономия тепла и электроэнергии, рассмотренные в пятом и шестом разделах. Дается информация и о вкладе в глобальные выбросы лесного хозяйства и землепользования, которая может служить дополнительным справочным материалом при изучении третьей темы — «Лес и климат». Естественные источники парниковых газов здесь не рассматриваются, для CO_2 они приведены выше (см. рис. 1.11), а для CH_4 и N_2O изменения естественных источников сейчас имеют очень небольшое влияние на климатическую систему Земли¹.

Антропогенные выбросы парниковых газов в мире в целом

Расчет суммарного парникового эффекта от разных газов. Газы, которые вызывают парниковый эффект — водяной пар, углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), оксид азота (I) — N_2O (другое название — закись азота), различные фторсодержащие соединения, синтезированные человеком, например, SF_6 , — по-разному разогревают

¹ Изменения естественных источников CH_4 и N_2O (болота, водные экосистемы, океан, животные и др.) очень невелики. За последние 10 тыс. лет для этих двух газов изменения составили 25 и 3%, что гораздо меньше резкого роста от деятельности человека за последние 250 лет, когда концентрация CH_4 возросла в 2,5 раза, а N_2O на 20%. См. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1, Росгидромет, М., 2009. <http://climate2008.igce.ru>, с. 91.

атмосферу². К примеру, 1 т метана приводит к такому же прогреву, как 21 т CO₂. Для различных газов имеются коэффициенты пересчета, с помощью которых принято переводить все антропогенные выбросы парниковых газов в единицы CO₂-эквивалента (1 т метана засчитывается как 21 т CO₂-эквивалента и т.д.³).

Водяной пар, который вносит основной вклад в парниковый эффект Земли, коэффициента пересчета не имеет, так как его содержание в атмосфере от человека практически не зависит. По имеющимся оценкам, хозяйственная деятельность, преимущественно в сельском и лесном хозяйстве, дает менее 1% от естественного поступления водяного пара в атмосферу от поверхности земли. Поэтому ученые считают эффект от воздействия человека на содержание водяного пара в атмосфере гораздо меньшим, чем эффект от антропогенных выбросов других парниковых газов. В расчеты суммарного воздействия человека на парниковый эффект Земли водяной пар не включается⁴.

В табл. П1.1 приведены коэффициенты пересчета для газов, которые оказывают наибольший антропогенный эффект (CO₂, CH₄ и N₂O), и для некоторых газов, синтезированных человеком и сейчас наиболее широко используемых. Это HFC-134a (применяется в стационарных и автомобильных кондиционерах) и SF₆ (другое название — элегаз), используемый в электротехнике и промышленности. Также в атмосферу попадает много CF₄ и C₂F₆, которые образуются в процессе выплавки алюминия. Полный список газов очень велик и постоянно дополняется, так как человек для тех или иных целей синтезирует все новые газы⁵.

² Ученые рассчитывают вклады разных газов в общий парниковый эффект в единицах радиационного воздействия — прогрева атмосферы в Вт/м², более подробно см. раздел «Радиационное воздействие парниковых газов на климат». Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1, с. 93–99, Росгидромет, М., 2009. <http://climate2008.igcc.ru>.

³ Разные газы находятся в атмосфере разное время: CO₂ примерно 100 лет, CH₄ 10–15 лет, а SF₆ 3200 лет. Попавшая в атмосферу тонна CO₂ за столетие будет поглощена океаном или наземными экосистемами, а тонна SF₆ будет там находиться более 3 тыс. лет. Поэтому действие газов зависит от того, за какой промежуток времени мы рассчитываем суммарный эффект. Если это 20 лет, то 1 т CH₄ = 67 т CO₂, а если 500 лет, то 1 т CH₄ = 7 т CO₂. Более того, знания о процессах в атмосфере постепенно совершенствуются и коэффициенты пересчета немного корректируются. Для расчета суммарного воздействия сейчас принято использовать, коэффициенты для среднего эффекта за 100 лет, приведенные в: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22, http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

⁴ Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1, Росгидромет, М., 2009. <http://climate2008.igcc.ru>, с. 93.

⁵ Там же, с. 97.

Таблица П1.1. Коэффициенты пересчета парникового эффекта, вызываемого различными газами, в единицы CO₂-эквивалента

Парниковый газ	Время нахождения в атмосфере, лет	Коэффициент (т газа / т CO ₂) при расчете парникового эффекта за 100 лет
CO ₂	Примерно 100	1
CH ₄	9–15	21
N ₂ O	120	310
HFC-134a	15	1300
SF ₆	3200	23 900
CF ₄	50 000	6500
C ₂ F ₆	10 000	9200

Источник: Climate Change 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22, http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php

Их выбросы в атмосферу очень малы, но зато эффект от тонны таких газов, как правило, в тысячи раз больше, чем от тонны CO₂, да и в атмосфере они находятся многие тысячи лет, так как очень медленно разлагаются на другие соединения и крайне мало поглощаются океаном.

Выбросы парниковых газов от разных видов деятельности человека. На рис. П1.1 показано суммарное воздействие всех парниковых газов антропогенного происхождения, пересчитанное в CO₂-эквивалент и разбитое на главные источники — виды деятельности человечества.

Основным источником выбросов является сжигание топлива: угля, газа, нефтепродуктов и торфа⁶. Больше всего выбросов в энергетике (красное «основание» графика на рис. П1.1; на 2010 год это 29% всех выбросов). Затем идет промышленность (желтая полоса — 18%) и транспорт (темно-желтая полоса — 13%). Весьма значим, особенно в нашей стране, вклад различных утечек метана⁷ и сжигания газа в факелах на нефтепромыслах (оранжевая полоска — 8%). К этому добавляется сжигание топлива

⁶ Выбросы CO₂ от сжигания древесины, сельскохозяйственных отходов и т. п. сюда не относят, так как это количество CO₂ ранее было поглощено из атмосферы в процессе роста растений (тем самым образуется замкнутый круговорот, не ведущий к росту концентрации CO₂ в атмосфере).

⁷ В основном это утечки при добыче и транспортировке газа, а также из угольных шахт. С помощью более современных газовых и угольных технологий они могут быть ликвидированы. Сжигание попутного нефтяного газа в факелах также может быть сведено к минимуму, составляющему 2–5%, а 95–98% газа может использоваться как топливо или сырье для химической промышленности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

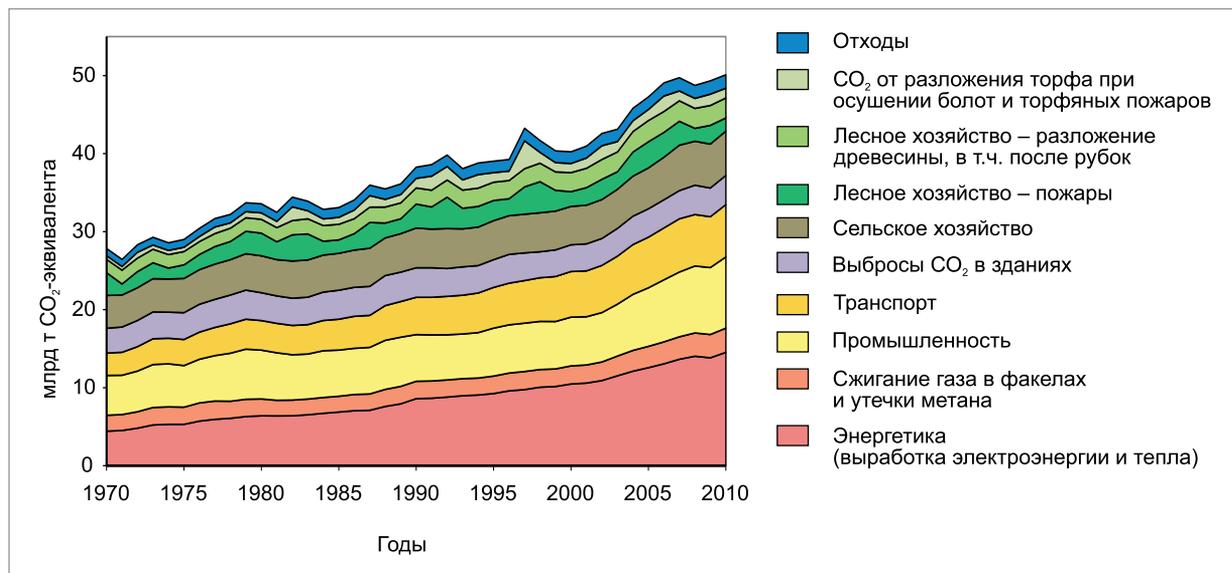


Рис. П1.1. Антропогенные выбросы парниковых газов от различных видов деятельности человека (в пересчете на CO₂-эквивалент)

Источник: The Emission Gap Report, UNEP, December 2010, 52 pp. <http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport>

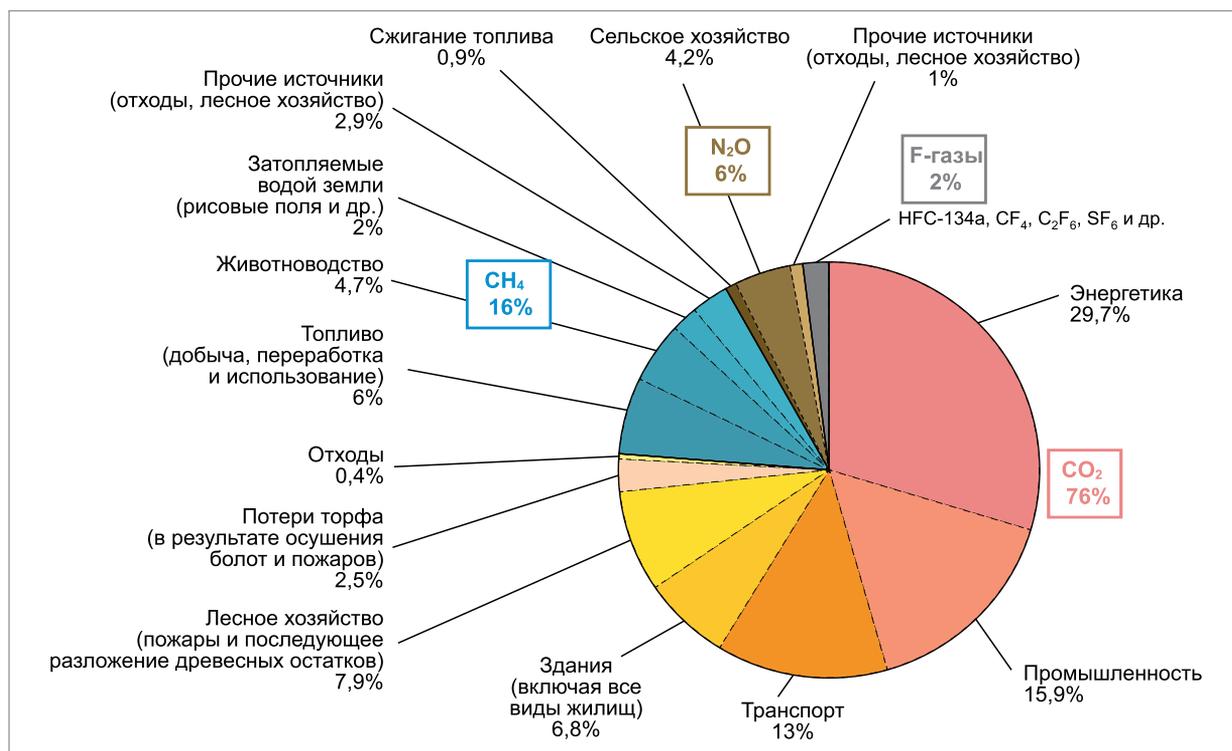


Рис. П1.2. Антропогенные выбросы различных парниковых газов в 2010 году (в пересчете на CO₂-эквивалент)

Источник: The Emission Gap Report, UNEP, December 2010, 52 pp. <http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport>

непосредственно в зданиях, как правило, для обогрева и приготовления пищи⁸ (сиреневая полоса — 8%).

На эту энергетическую «основу» выбросов накладываются выбросы в сельском хозяйстве (в том числе и в результате сжигания отходов, травяных палов и т.п. — коричневая полоса — 11%), лесном хозяйстве — результат рубок и лесных пожаров (зеленые полосы, 5% и 3%), а также при осушении торфяных болот (серозеленая полоса — 3%). Венчает картину наше обращение с отходами (синяя полоса — 4%).

Показанные на рис. П1.1 общемировые выбросы можно разделить по отдельным газам: CO₂, CH₄, N₂O, фторсодержащие F-газы, причем тоже с подразделением на отдельные виды нашей деятельности (рис. П1.2). «Львиная» доля принадлежит CO₂ — 76%, на втором месте CH₄ — 16%, затем N₂O и F-газы — 6% и 2%.

Распределение антропогенных выбросов по странам очень неравномерно. Далеко впереди Китай, за которым следуют США (рис. П1.3). Затем с большим отрывом Бразилия (там очень велики

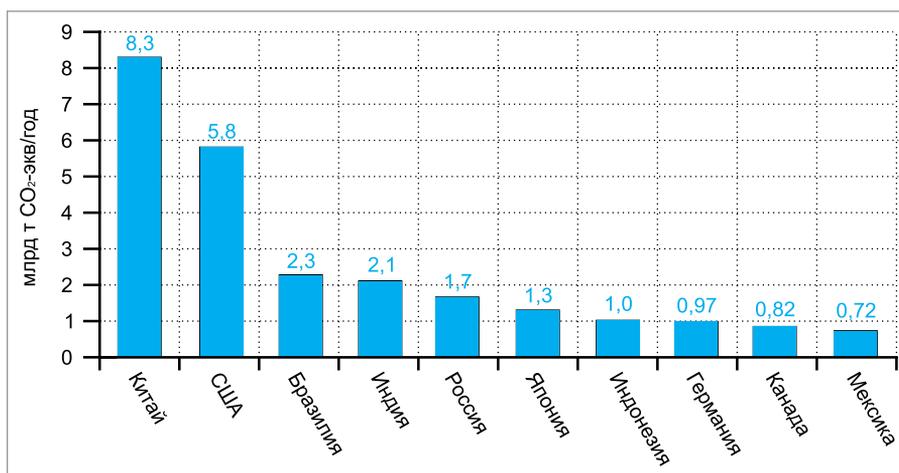


Рис. П1.3. Десять стран с крупнейшими антропогенными выбросами парниковых газов в атмосферу (учитывая и поглощение, и эмиссию CO₂ в лесном хозяйстве). Ориентировочная оценка по состоянию на середину 2000-х годов

Источник: база данных WRI <http://cait.wri.org/> (CO₂ в экономике стран — 2007 г., для выбросов других газов, кроме CO₂, использованы оценки на 2005 г.); по тропическим лесам — оценка на 2000–2005 гг. из Baseline Map of Carbon Emissions from Deforestation in Tropical Regions Nancy L. Harris, * Sandra Brown, Stephen C. Hagen, Sassan S. Saatchi, Silvia Petrova, William Salas, Matthew C. Hansen, Peter V. Potapov, Alexander Lotsch. 22 June 2012, Science 336, 1573 (2012) DOI: 10.1126/science.1217962 www.sciencemag.org/cgi/content/full/336/6088/1573/DC1; данные по России: Национальный доклад РФ о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2010 гг. М., 2012. www.unfccc.int

⁸ Сюда также входит обогрев жилищ и приготовление пищи с использованием дров, кизяка и т.п. почти двумя миллиардами беднейшего населения планеты.

выбросы из-за вырубки лесов), Индия и Россия (где, наоборот, леса поглощают немало CO_2), за которой следует Япония. В целом 10 крупнейших стран дают примерно половину общемировых выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью человека.

В представленных на рис. П1.3 суммарных антропогенных выбросах различных стран можно отдельно рассмотреть две крупные части: 1) CO_2 от сжигания ископаемого топлива во всех секторах экономики и 2) выбросы и поглощение CO_2 от деятельности в лесном хозяйстве⁹.

Выбросы CO_2 от сжигания топлива — не только главная составляющая всех антропогенных выбросов парниковых газов, но и их наиболее точно известная часть. Во всех странах сжигание топлива — предмет строгой статистической отчетности. При этом выбросы CO_2 при сжигании угля, газа, нефтепродуктов и торфа зависят, прежде всего, от количества использованного топлива. Энергетическая эффективность сжигания топлива очень важна для энергетики и транспорта, но на выбросы CO_2 влияет слабо. Главное именно то, сколько топлива было сожжено.

Здесь мы не рассматриваем энергетику стран, это выходило бы далеко за рамки данной книги. Однако в качестве справочной информации для пятого и шестого тематических разделов полезно привести коэффициенты пересчета — данные о том, сколько CO_2 поступает в атмосферу при сжигании тонны того или иного топлива (табл. П1.2).

Данные о выбросах CO_2 от сжигания ископаемого топлива в мире в целом и в крупнейших странах приведены на рис. П1.4¹⁰. С середины 2000-х годов главный рост выбросов CO_2 идет в крупнейших развивающихся странах, особенно в Китае (темно-бордовая полоса), а также в Индии, Бразилии, ЮАР, Индонезии (бордовая полоса). В развитых странах выбросы либо стабильны, либо

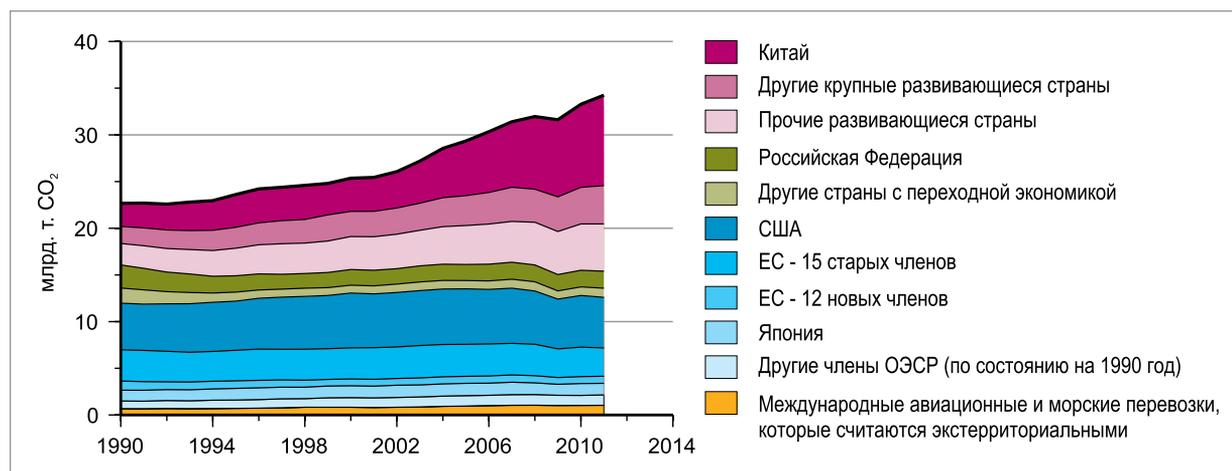
⁹ Здесь имеется в виду не общее поглощение и эмиссия CO_2 лесами (эти процессы описаны в тематическом разделе «Лес и климат», см. рис. 3.10), а только их часть, обусловленная ведением лесного хозяйства, — антропогенная составляющая. В нее входят выбросы CO_2 от пожаров и рубок (включая и нарушения почвенного покрова, и разложение древесных остатков в течение многих лет после пожара или рубки); поглощение CO_2 в результате посадки лесов и роста лесов на вырубках (естественного лесовосстановления, которое было инициировано рубками).

¹⁰ Следуя принятой в мире практике, к выбросам CO_2 от сжигания топлива добавлены выбросы CO_2 , образующиеся в технологических процессах производства цемента. Это очень небольшая добавка, не превышающая нескольких процентов от выбросов CO_2 при сжигании топлива.

Таблица П1.2. Коэффициенты для расчета выбросов CO₂ при сжигании ископаемого топлива

Топливо	Выбросы CO ₂
Природный газ	1,85 т CO ₂ /(тыс. м ³)
Каменный уголь	2,7–2,8 т CO ₂ /т, в зависимости от марки угля
Торф	~1,5 т CO ₂ /т, одна тонна торфа дает в ~2 раза меньше энергии, чем тонна угля
Топочный мазут	3,1 т CO ₂ /т
Автомобильный бензин	3,0 т CO ₂ /т или 2,1–2,3 кг CO ₂ /л в зависимости от температуры топлива
Дизельное топливо	3,15 т CO ₂ /т или 2,6–2,8 кг CO ₂ /л в зависимости от температуры топлива и его марки (летнее более плотное, а зимнее менее плотное)
Авиационный керосин	3,1 т CO ₂ /т
Древесное топливо и сельскохозяйственные отходы	Выбросы CO ₂ считают равными нулю, так как CO ₂ , поступивший в воздух при горении, ранее был поглощен из атмосферы в процессе роста растений (образуется замкнутый круговорот, не ведущий к росту концентрации CO ₂ в атмосфере)

Источник: Национальный доклад РФ о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2010 гг. М., 2012. www.unfccc.int



немного идут вниз. Там новые энергоэффективные технологии и товары внедряются быстрее, чем идет расширение объемов производства и потребления. Заметим, что свой вклад в снижение выбросов в развитых странах вносит и перемещение многих производств в Китай и другие развивающиеся страны.

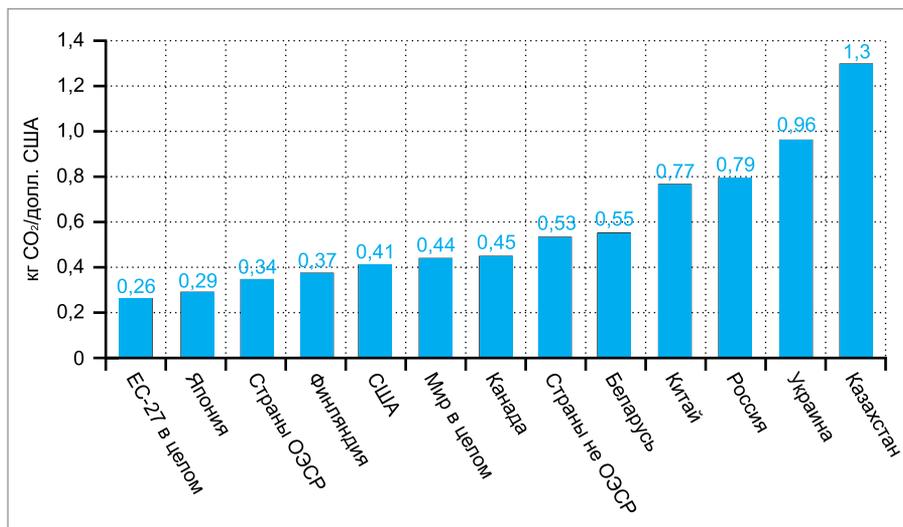
Показательным параметром, характеризующим энергетику и экономику стран, принято считать удельную «углеродоемкость» экономики — все выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива, деленные на общий объем произведенной продукции, товаров и услуг (рис. П1.5). За общий объем принимают валовый

Рис. П1.4
Выбросы CO₂ от сжигания ископаемых видов топлива, а также производства цемента

Источник: Trends in global CO₂ emissions, 2012 report, EC Joint Research Center, PBL Netherlands. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>

Рис. П1.5
Удельная углеродоемкость экономики различных стран в 2010 г.

Источник: CO₂ Highlights 2012. CO₂ Emissions from Fuel Combustion (2012 Edition), IEA, Paris. www.iea.org



внутренний продукт страны (ВВП)¹¹, выраженный в долларах США с учетом поправки на разную покупательную способность 1 доллара в разных странах¹².

По показателю удельной углеродоемкости (фактически по энергоэффективности экономики в целом) развивающиеся страны сильно отстают от развитых. Отстает от них и Россия. Конечно, для ряда стран сказываются и более холодный климат, и большая средняя протяженность транспортных потоков. Не случайно Финляндия на 25% отстает от среднего показателя по Европейскому союзу, а Канаду на 10% опередил ее южный сосед — США. Имеет значение и структура экономики страны, наличие энергоемких отраслей, таких, например, как металлургия и производство цемента. Однако отставание России от ведущих стран слишком велико, гораздо больше действия отмеченных выше объективных обстоятельств.

Антропогенные выбросы (или поглощение) CO₂ в лесном хозяйстве наблюдаются в основном в наиболее «лесных» странах (табл. П1.3). В большинстве развитых стран, а также в России и странах Восточной Европы в лесном хозяйстве поглощение CO₂ превышает выбросы, там имеется нетто-поглощение. По это-

¹¹ ВВП — экономический показатель, отражающий рыночную стоимость всех товаров и услуг, произведенных за год во всех отраслях экономики на территории данного государства для потребления, экспорта или накопления.

¹² Данная поправка при расчете ВВП носит название «паритет покупательной способности» (ППС). Она показывает, насколько в той или иной стране на 1 доллар США можно купить больше (или меньше) товаров и услуг, чем в США. Если за один и тот же принятый в мире набор товаров и услуг («потребительскую корзину») в стране X нужно заплатить в 1,5 раза меньше долларов, чем в США, то ППС страны X равен 1,5, а ее ВВП, выраженный в долларах, должен быть умножен на 1,5.

Таблица П1.3. Страны с крупнейшими антропогенными выбросами/поглощением CO₂ в лесном хозяйстве и при землепользовании (ориентировочная оценка)

Нетто-эмиссия в развивающихся странах (оценка на 2000–2005 гг., сделанная в 2012 г.) и в Канаде (2010 г.)	Млн т CO ₂	Нетто-поглощение, 2010 г.	Млн т CO ₂
Бразилия	1250	США	1050
Индонезия	390	Россия	650
Малайзия	150	Япония	75
Мьянма	105	Польша	45
Конго	85	Украина	40
Канада	70	Беларусь	30
Индия	65	Швеция	30
Таиланд	60	Испания	30

Источник: Данные по тропическим лесам. Baseline Map of Carbon Emissions from Deforestation in Tropical Regions Nancy L. Harris, Sandra Brown, Stephen C. Hagen, Sassan S. Saatchi, Silvia Petrova, William Salas, Matthew C. Hansen, Peter V. Potapov, Alexander Lotsch. 22 June 2012, Science 336, 1573 (2012) DOI: 10.1126/science.1217962 www.sciencemag.org/cgi/content/full/336/6088/1573/DC1; Данные по развитым странам, России, другим странам СНГ: Национальные доклады о кадастре источников и поглотителей парниковых газов, РКИК ООН, www.unfccc.int

му показателю первые места занимают США и Россия, где леса и почвы — очень серьезный поглотитель CO₂ из атмосферы (см. посвященный России следующий подраздел данного приложения). Исключение представляет собой Канада, где сейчас сложилось неблагоприятное соотношение старых и молодых лесов¹³.

В развивающихся странах, как правило, иная ситуация. В Бразилии, Индонезии и других странах леса очень быстро и сильно вырубаются, а их восстановление идет гораздо медленнее. Поэтому там в лесном хозяйстве поглощение CO₂ меньше выбросов и имеется нетто-эмиссия.

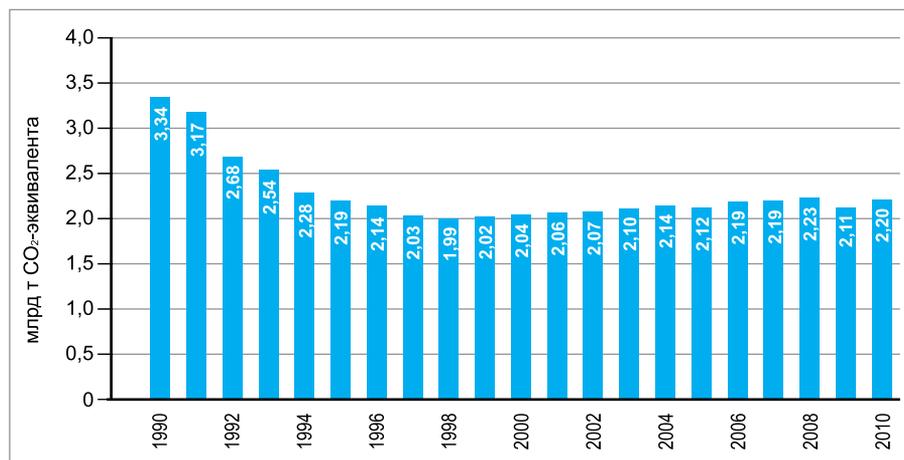
Антропогенные выбросы парниковых газов в России

Выбросы CO₂ и других парниковых газов в энергетике, промышленности, транспорте и ЖКХ России сильно упали в 1990-е годы, что было связано как со структурной перестройкой экономики

¹³ Как подчеркивалось в тематическом разделе «Лес и климат», молодой лес больше поглощает CO₂, чем выделяет, а старый, особенно захламленный валежником, — наоборот. Поэтому если самые массовые рубки прошли 30–50 лет назад (как в России), то сейчас на их месте много молодых лесов и идет сильное поглощение CO₂. Если же рубки велись 80–120 лет назад, то сейчас образовалось много старых лесов и эмиссия CO₂ превышает поглощение. В этом случае исправить ситуацию помогает современное ведение лесного хозяйства, которое включает своевременные и тщательные рубки ухода в сочетании с последующим полным использованием сухостоя и валежника в качестве топлива, заменяющего уголь или газ.

**Рис. П1.6
Выбросы парниковых газов в экономике России (без учета нетто-поглощения в лесном хозяйстве)**

Источник: Национальный доклад РФ о кадастре источников и поглотителей парниковых газов. 2012, www.unfccc.int



(переход от тяжелой промышленности к сфере услуг), так и с общим экономическим спадом. С 1999 года в экономике нашей страны наблюдается медленный рост выбросов CO₂ и других парниковых газов (исключение составляет кризисный 2009-й год), рис. П1.6.

В 2000-х годах в нашей стране рост выбросов CO₂ был намного (в несколько раз) меньше роста экономики в целом. С 1999 по 2006 год ВВП России увеличился в 6 раз, а с 2006 по 2012 год — еще примерно в 2 раза, в то время как выбросы CO₂ и других парниковых газов с 1999 года увеличились лишь на 10%. Это говорит о наличии положительной тенденции — улучшении ситуации с энергосбережением и энергоэффективностью. Однако благополучным положение дел назвать сложно.

Как отмечалось выше, при рассмотрении выбросов CO₂ в мире в целом и в различных странах, хорошим показателем энергоэффективности экономики является ее углеродоемкость (см. рис. П1.5. и его описание). По сравнению с 1990-ми годами этот показатель в России стал гораздо лучше (рис. П1.7). Экономический рост 2000–2007 годов сопровождался уверенным снижением данного параметра. Во время кризиса — в 2009–2010 годах углеродоемкость увеличилась — энергоэффективность нашей экономики в целом стала хуже. Далее, в 2011 году, углеродоемкость не улучшилась, она осталась на прежнем уровне. Это показатель того, что меры по энергосбережению и повышению энергоэффективности сейчас в должных масштабах не проводятся, их недостаточно.

Чтобы понять пути снижения выбросов CO₂ и других парниковых газов, важно знать их источники. В нашей стране на базе статистических данных (расход всех видов топлива, производство

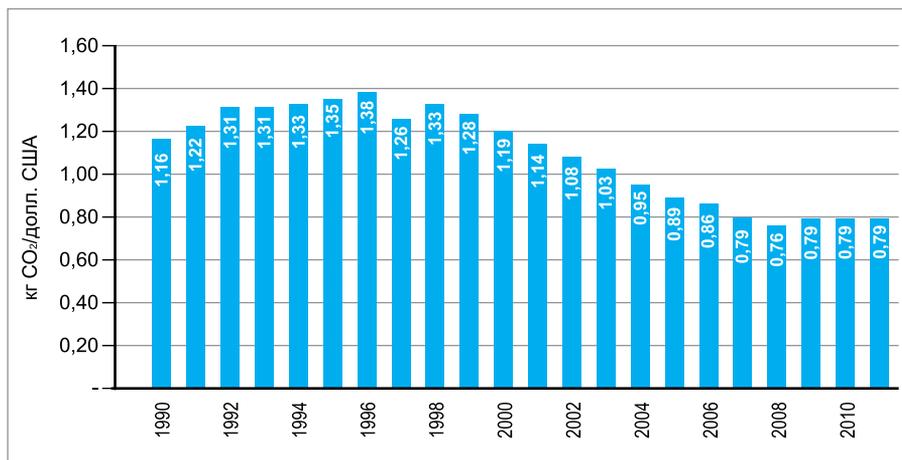


Рис. П1.7
Удельная углеродоемкость российской экономики: выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива, деленные на объем ВВП, выраженный в долларах США и с поправкой на паритет покупательной способности

Источник: CO₂ Highlights 2012. CO₂ Emissions from Fuel Combustion (2012 Edition), IEA, Paris. www.iea.org (1990–2010 гг.). 2011 г. — оценка по статистическим данным о росте ВВП и оценке выбросов из Trends in global CO₂ emissions, 2012 report, EC Joint Research Center, PBL Netherlands. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf>

различных видов продукции, образование и захоронение отходов и т. п.) ежегодно делается подсчет выбросов и составляется соответствующий национальный доклад¹⁴, последние данные из которого приведены на рис. П1.8.

Наиболее мощным источником являются электростанции, они дают в 4–5 раз больше выбросов CO₂, чем каждый из трех других крупных источников: промышленность и ее энергетические объекты, дорожный транспорт, сжигание топлива в мелких котельных и индивидуальных домах. В такой ситуации именно энергосбережение и энергоэффективность становятся главными мерами снижения выбросов.

Другим крупнейшим источником являются утечки метана в огромной газотранспортной системе страны, немаловажны и выбросы в сельском хозяйстве и при обращении с отходами.

«Противостоит» выбросам нетто-поглощение CO₂ в лесном хозяйстве — синяя полоска внизу рис. П1.8, которая «компенсирует» около 30% всех выбросов. Заметим, что в 1990 году этого не было. Тогда лесное хозяйство России оценивалось как небольшой нетто-источник CO₂¹⁵. Причины возникновения данного нетто-поглощения (превышения поглощения над выбросами, см. выше описание табл. П1.3) в лесном хозяйстве России понятны. В 1990-х годах рубки лесов резко сократились и далее остались примерно на том же уровне, пожаров стало больше, но их влияние на потоки CO₂ не столь велико (см. рис. 3.12).

¹⁴ Национальный доклад РФ о кадастре источников и поглотителей парниковых газов. 2012, www.unfccc.int

¹⁵ Там же. См. также пояснение — сноску 9 на стр. 192.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

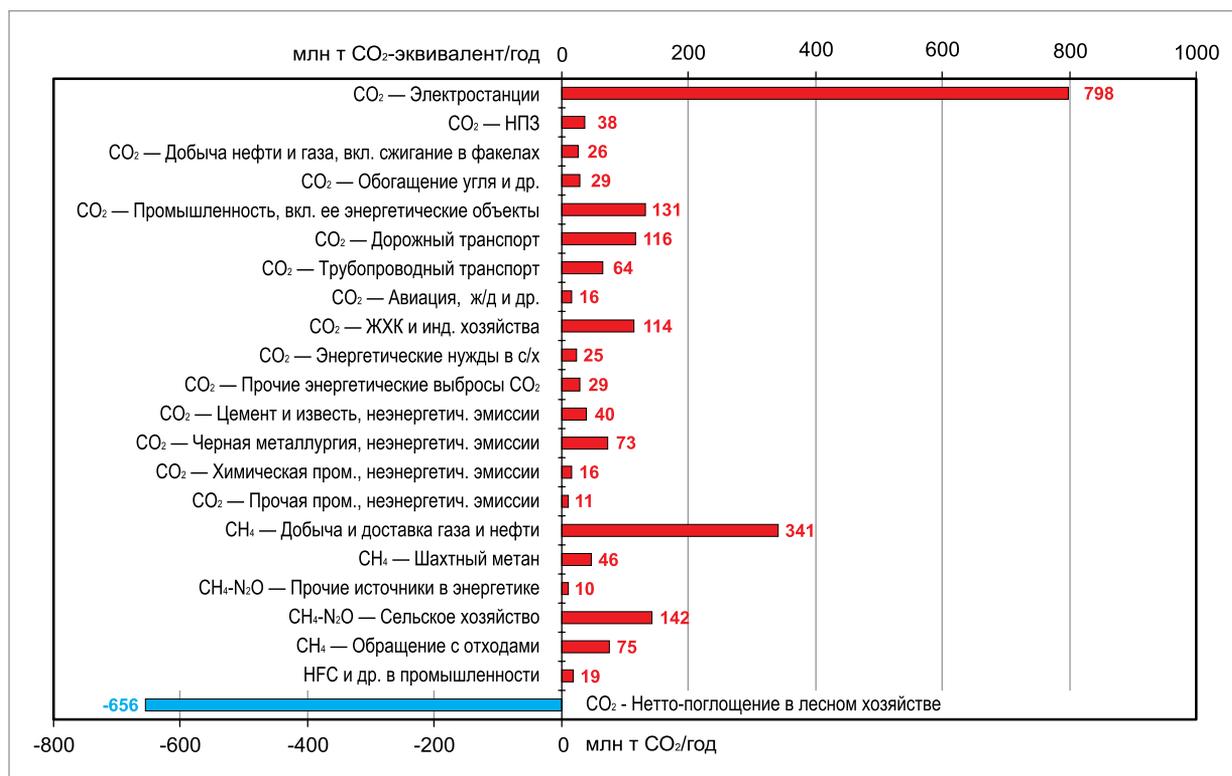


Рис. П1.8
Российские выбросы парниковых газов от различных источников и их нетто-поглощение в лесном хозяйстве в 2009 г.

Источник: Национальный доклад РФ о кадастре источников и поглотителей парниковых газов. 2011 г., www.unfccc.int

Очень большое значение имеет возрастной состав лесов. Как было показано в тематическом разделе «Лес и климат», сильным нетто-поглотителем CO₂ являются только молодые и быстро растущие леса. У нас же после обширных рубок 1960-х — 1980-х годов и последующего зарастания лесом рубок, гарей и заброшенных сельскохозяйственных земель образовалось много молодых лесов. Соответственно «образовалось» и сильное нетто-поглощение CO₂ из атмосферы. Так как данное явление — последствия деятельности человека, то, согласно международным правилам, данное нетто-поглощение считают результатом ведения лесного хозяйства, пусть даже полученным непреднамеренно. Однако наши леса постепенно будут стареть, и через несколько десятилетий баланс «эмиссия-поглощение» будет приближаться к нулю (см. тематический раздел «Лес и климат»).

Чтобы изменить ситуацию и на долгий срок сохранить леса как нетто-поглотитель CO₂, нам нужно иначе вести лесное хозяйство. Нужен очень строгий контроль за рубками, особенно так называемых защитных лесов, которые «охраняют» реки и озера, поля, города и места отдыха. Нужны очень тщательные рубки ухода, причем изымаемые деревья, сухостой и валежник должны не гнить или сжигаться на месте, а использоваться в качестве топлива, за-

меня уголь или газ. Нужны более активные противопожарные меры и защита лесов от вредителей.

Заключение: пути снижения выбросов парниковых газов. Анализу путей снижения выбросов и действию конкретных мер по энергосбережению и энергоэффективности посвящен целый ряд детальных исследований¹⁶. Имеются и весьма проработанные прогнозы на 2030, 2035 и даже на 2050 годы¹⁷. В целом они постепенно находят все более полное отражение в государственных планах¹⁸, но реализация планов часто отстает от намеченной.

Общий вывод таков: постепенно становясь развитой страной, Россия также начнет снижение (точнее, сначала торможение роста, а затем снижение) выбросов¹⁹. Наиважнейшим фактором стабилизации являются меры по энергоэффективности и энергосбережению в жилых и нежилых зданиях. Уже одно это останавливает рост выбросов²⁰. Дальнейшее развитие энергоэффективных технологий в энергетике, промышленности и транспорте, широкое развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) способны дальше и дальше снижать уровень выбросов.

Как говорилось в первом тематическом разделе, ученые уже дали примерный ответ об относительно безопасном уровне выбросов и необходимых действиях: к середине XXI века глобальные выбросы парниковых газов надо снизить в 2 раза от уровня 1990 года. Руководители крупнейших стран Европейского союза,

¹⁶ Энергоэффективность в России: скрытый резерв. ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, М., 2008, 164 с. [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf)

Энергоэффективная Россия. Пути снижения энергоемкости выбросов парниковых газов. McKinsey & Company, 2009, http://energoser.info/upload/pdf/CO2_Russia_RUS_final.pdf

¹⁷ Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 г. ИНЭИ, РЭА, М., 2012, 196 с. <http://www.eriras.ru/data/94/rus/>;

Outlook for Russian Energy, IEA WEO11 Part B, <http://www.worldenergyoutlook.org>

Башмаков И. А. Низкоуглеродная Россия: 2050 год. М., Изд. ЦЭНЭФ, 2009.

Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / Под ред. Бушуева В. В. (ГУ ИЭС), Каламанова В. А. (МЦУЭР). М.: ИЦ «Энергия», 2011. 360 с. http://www.energystrategy.ru/editions/white_book2.htm

¹⁸ Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р <http://www.rg.ru/2011/01/25/energoberejenie-site-dok.html>

¹⁹ Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Минэкономразвития России. М., 2013 www.economy.gov.ru

²⁰ Kokorin Alexey, Inna Gritsevich and Dmitry Gordeev. Russian energy future 2050 and GHG levels. 17 November 2011. Yale Center for Environmental Law and Policy. <https://yaleenvirocenter.webex.com/mw03071/mywebex/default.do?siteurl=yaleenvirocenter>

США, Японии и Канады уже заявили о намерении к 2050 году снизить свои выбросы в 2 или даже в 4 раза²¹.

На переговорах в ООН идет активное обсуждение путей снижения глобальных антропогенных выбросов парниковых газов. Для этого все страны мира объединили свои усилия в Рамочной конвенции ООН об изменении климата — РКИК ООН. Важным этапом ее работы было заключение и выполнение первого периода обязательств Киотского протокола, который регламентировал выбросы развитых стран в 2008–2012 годах (кроме США, которые в данном протоколе не участвуют). Теперь нужны усилия всех стран, см. рис. П1.4, а не только развитых. Поэтому сейчас в РКИК ООН готовится новое глобальное соглашение по проблеме изменения климата. Планируется, что оно вступит в силу с 2020 года²².

Обсуждается даже возможность полного перехода мировой энергетики на ВИЭ. Расчеты показывают, что потенциала ВИЭ для этого достаточно²³. Будет ли это экономически выгодно? Исходя из сегодняшних представлений о выгоде, вероятно, нет. Но исходя из будущих представлений — скорее всего, да! Ведь в будущем, вероятно, придется выбирать из двух зол меньшее: тратиться на снижение выбросов (возможно, даже в ущерб экономике) или тратить еще больше средств на борьбу с чрезвычайными ситуациями, вызванными климатическими изменениями. Пока такой альтернативы, выраженной в рублях или долларах, не просчитано. Однако негативные эффекты уже прослеживаются достаточно явно (см. тематический раздел 4, посвященный региональным изменениям климата).

²¹ “Responsible leadership for a sustainable future” G8 Declaration, Italy, 2009, para 65 http://www.g8italia2009.it/static/G8_Allegato/G8_Declaration_08_07_09_final%2c0.pdf.

²² Информацию о РКИК ООН и Киотском протоколе см. на сайте www.unfccc.int, а также на климатической странице сайта Всемирного фонда дикой природы www.wwf.ru/climate

²³ “The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050”. WWF, Ecofys, OMA. 2011, 256 pp. http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/sustainable_energy_report/; Energy revolution. Perspectives for establishment of a system of energy security of Russia”. “Russia energy [r]evolution”. Greenpeace International, EREC. 2009, 44 pp. <http://www.energyblueprint.info/822.0.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Углеродный и экологический «след» человечества

В первом тематическом разделе было показано, насколько велик антропогенный рост концентрации CO_2 в атмосфере, а в пятом и шестом разделах говорилось о путях его снижения, доступных для каждого. Источники выбросов CO_2 и других парниковых газов были приведены в справочном приложении 1. Однако выбросы CO_2 — далеко не единственное влияние человека на окружающую среду и климат планеты. Нужно знать, каково негативное влияние человека в целом. Поэтому эксперты разработали методики расчета и соответствующие сводные параметры. В средствах массовой информации, в выступлениях ученых, экологов и политиков нередко встречаются термины «углеродный след» и «экологический след». Это довольно сложные понятия, для пояснения которых было подготовлено данное справочное приложение.

«Углеродный след»

«Углеродный след» (Carbon Footprint) — совокупность выбросов всех парниковых газов, произведенных человеком, организацией, мероприятием, продуктом, городом, государством *прямо или косвенно*.

Для удобства подсчета и восприятия все парниковые газы пересчитывают в эквивалент CO_2 , то есть рассчитывают, какое количество CO_2 (в тоннах) дает такой же парниковый эффект, который производит определенное количество тонн того или иного газа (коэффициенты пересчета даны в приложении 1, см. табл. П1.2 на стр. 189). Поэтому часто углеродный след указывают в тоннах эквивалент- CO_2 (или CO_2 -экв.). Собственно CO_2 составляет около 75% от всех антропогенных выбросов парниковых газов (исключая главный на Земле парниковый газ — водяной пар, концентрация которого в атмосфере не имеет тенденции к изменениям), более детально см. выше справочное приложение 1.

Углеродный след состоит из двух составляющих — прямых и косвенных выбросов.

Прямые выбросы — это количество CO_2 или других парниковых газов, которое выбрасывается в атмосферу непосредственно

на территории того или иного производства или домашнего хозяйства, главным образом, при сжигании ископаемого топлива – угля, газа, нефтепродуктов.

Прямой углеродный след производства – это сколько парниковых газов было выброшено именно в процессе деятельности завода или фабрики. Обычно в него включают и так называемые *энергетические косвенные выбросы* — потребленное предприятием тепло и электроэнергию, хотя они выработаны за его пределами.

Ваш прямой углеродный след зависит от того, сколько и каких вы совершаете поездок на автомобиле, полетов на самолете (он потребляет чень много топлива), сколько газа или угля для обогрева вашего дома сожгли на ТЭЦ (или вы сами, если у вас индивидуальное отопление), сколько электричества вы израсходовали (более подробно см. тематические разделы 5 и 6). Как было показано выше, много зависит от того, как и какие вы используете электрические приборы.

Другие косвенные выбросы — количество CO_2 или других парниковых газов, выброшенное в атмосферу в процессе производства и транспортировки продукции, которую вы покупаете, и предоставления услуг, которые вы используете. Вы тоже можете влиять на эти выбросы. В данном случае речь идет о потребительском выборе тех или иных товаров. Производство и доставка одного товара может дать один объем выбросов, а другого, даже аналогичного, — гораздо больший или меньший объем. Если вы выберете товар с меньшими косвенными выбросами (как правило, произведенный в вашей местности, ведь транспортировка сопряжена с большими затратами топлива), то ваш личный вклад в косвенные выбросы и весь углеродный след человечества будет меньше.

Углеродный след — наиболее значимая в наши дни и стремительно растущая составляющая общего воздействия человека на природу. Оно рассчитывается с помощью всеобъемлющей системы оценки использования человеком ресурсов окружающей среды, называемой «экологический след» (Ecological Footprint).

Заметим, что в мире в целом величины антропогенных выбросов других парниковых газов, кроме CO_2 , известны гораздо хуже и менее точно, чем выбросов CO_2 при сжигании угля, газа и нефтепродуктов. Кроме того, относительно небольшая часть антропогенных выбросов CO_2 , связанная с лесными пожарами, разложением торфа и отходов, тоже известна гораздо менее точно, чем

выбросы при сжигании ископаемого топлива в энергетике, промышленности, транспорте, ЖКХ и других отраслях экономики (см. приложение 1). Поэтому очень часто для расчета углеродного следа используют только эту наиболее точно известную составляющую выбросов CO_2 . Ориентировочно она составляет 2/3 всего углеродного следа человечества (см. рис П1.2). В приводимых ниже расчетах «экологического следа» (рис. П2.1) пока учтен только этот компонент. Вероятно, в последующие годы, по мере поступления более детальных данных, будут учтены и антропогенные выбросы других парниковых газов.

«Экологический след»

«Экологический след» выражает потребление человечеством продукции и услуг экосистем через площадь биологически продуктивных территорий и акваторий, которая необходима для воспроизводства возобновляемых ресурсов, потребляемых человеком, и поглощения антропогенных выбросов CO_2 . Он представляет собой инструмент, позволяющий сопоставлять потребности человечества в ресурсах биосферы и способность биосферы к их воспроизводству, которая определяется понятием «биоемкость». Единицей измерения как биоемкости, так и «экологического следа» служит «глобальный гектар» (гга)¹ — условная единица, представляющая собой среднемировую биологическую продуктивность 1 га. Поскольку мировая торговля носит глобальный характер, «экологический след» отдельного человека или страны может включать участки территории или акватории во всем мире.

При расчете «экологического следа» учитывается три вида площадей — необходимых человеку территорий нашей планеты.

Во-первых, площадь территорий и акваторий, необходимых для производства возобновляемых ресурсов, используемых человеком (сюда относят пастбища, леса, пашни и рыбопромысловые зоны).

Во-вторых, площадь территорий, занятых инфраструктурой (включает транспортную инфраструктуру, жилую застройку, промышленные сооружения и водохранилища ГЭС и др.).

¹ Глобальный гектар (гга) — мера площади биологически продуктивной территории или акватории, необходимой для производства всех ресурсов, потребляемых отдельным человеком, группой населения или видом деятельности, а также поглощения образующихся отходов с учетом преобладающих технологий и методов природопользования. Global Footprint Network 2012. Glossary. Global Footprint Network, Oakland, USA. <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/>, 12th December 2011.

В-третьих, делается расчет площади территории суши, необходимой для компенсации производимых человеком выбросов парниковых газов (в настоящее время учитываются только выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива). При этом делается три шага. На первом шаге из данных выбросов CO_2 (в млрд т/год) вычитается часть, которая поглощается Мировым океаном, — примерно треть². Далее вычисляется средняя способность лесов мира поглощать CO_2 (в т/га). На третьем шаге количество CO_2 , оставшееся после частичного поглощения океаном, делится на среднюю поглощающую способность — получается значение параметра углеродного следа в млрд га. Чтобы подчеркнуть, что это не обычные, а особым образом рассчитанные гектары, добавляется слово «глобальный» — гга.

Таким образом, углеродный след представляет собой оценку площади лесов со среднемировыми характеристиками, необходимой для поглощения той части выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива, которая не была поглощена океанами.

В 2008 году экологический след человечества достиг 18,2 млрд гга, или 2,7 гга на душу населения, и превысил биоемкость Земли (12 млрд гга, или 1,8 гга на душу населения) на 50%. Это означает, что нашей планете понадобилось бы полтора года, чтобы воспроизвести природные ресурсы, потребленные человечеством в 2008 году, и поглотить весь CO_2 , выброшенный в том году. Иными словами, в 2008 году человечество для своей деятельности использовало эквивалент полутора планет Земля. С 1966 по 2008 год общий экологический след человечества удвоился. Это связано, главным образом, с увеличением углеродного следа (см. рис. П2.1). Заметим, что в данном случае он был рассчитан только исходя из выбросов CO_2 при сжигании ископаемого топлива. Если учесть все антропогенные выбросы парниковых газов, то углеродный след будет еще больше: есть примерные оценки, говорящие, что тогда углеродный след вырастет в 1,5 раза.

«Экологический след» России составляет 4,4 гга на душу населения, а биоемкость (способность биосферы нашей страны к воспроизводству) — 6,4 гга³. То есть, в нашей стране нет

² Доля выбросов, поглощаемая океанами, относительно стабильна; в 1961–2008 гг. она изменялась в диапазоне от 28 до 35%. CDIAC 2011. Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2008. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, USA. http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2008.ems, downloaded on: June 10, 2011.

³ Живая планета 2012. Биоразнообразие, биоемкость и ответственные решения. Доклад. WWF International, 2012. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/584>

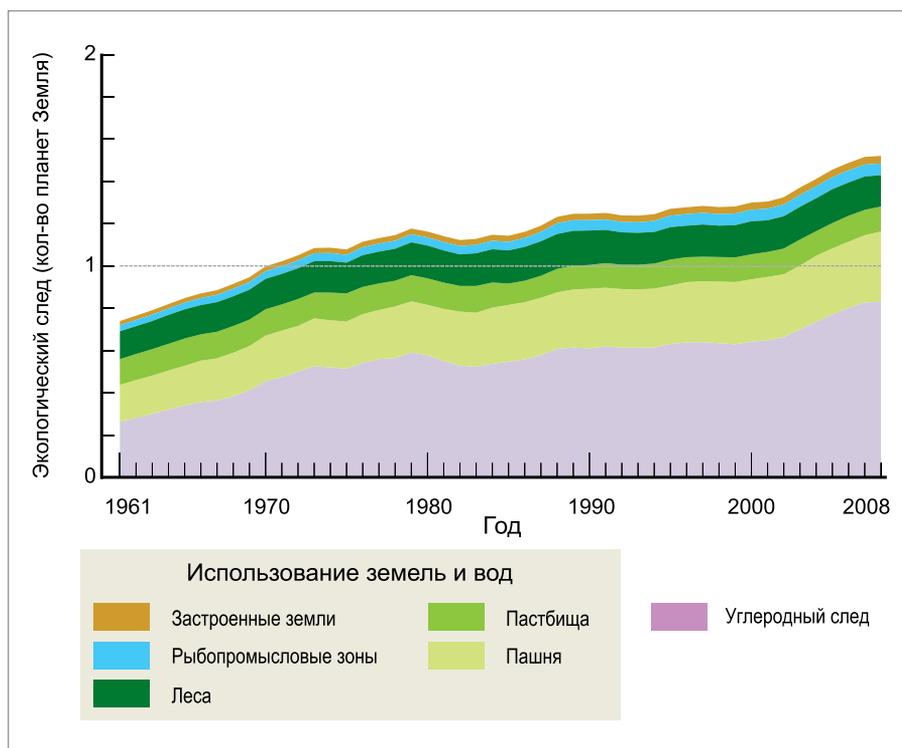


Рис. П2.1
Динамика
глобальных
составляющих
экологического
следа,
1961–2008 гг.

Источник: Живая планета 2012. Биоразнообразие, биоемкость и ответственные решения. Доклад. WWF International, 2012. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/584>

экологического дефицита, природных ресурсов пока достаточно для обеспечения страны. Но к этим цифрам нужно относиться очень осторожно. Во-первых, они основаны на данных 2007 года (последних обработанных детальными данными на момент, когда готовился цитируемый доклад), а ситуация может меняться быстро и в худшую сторону. Во-вторых, в отношении России подобные расчеты напоминают «среднюю температуру по больнице», поскольку плотность населения значительно отличается между регионами.

Только в Московском регионе (столица и область) проживает около 17,3 млн чел., что составляет 12,2% населения России (общая численность россиян на 1 января 2010 года — около 142 млн чел.). А в 11 городах-миллионниках — 18% населения⁴. Нетрудно предположить, что в этих регионах экологический след населения гораздо выше, чем в других регионах. Если речь идет об экологическом следе производства, то также надо быть осторожными, поскольку производства в нашей стране размещены неравномерно.

⁴ По данным Федеральной службы государственной статистики. <http://www.gks.ru>

Пример углеродного следа ряда товаров и услуг

Для примера приведем данные по углеродному следу ряда товаров и услуг, рассчитанные специалистами США⁵.

SMS сообщение — 0,014 г CO₂-экв.

E-mail-сообщение — 4 г CO₂-экв. или 50 г CO₂-экв., если в письме есть достаточно объемное приложение.

Использование мобильного телефона — 1250 кг CO₂-экв. в год, если говорить по 1 часу в день.

Яблоко в месте произрастания — 0 г CO₂-экв., если яблоко привезено из своего сада — в среднем 10 г CO₂-экв. Яблоко местного производства в сезон сбора яблок (яблоко не хранилось в специальных условиях, что тоже требует затрат энергии) — 80 г CO₂-экв. В среднем яблоко, съеденное человеком, — 150 г CO₂-экв.

Пол-литровая бутылка с водой — 110 г CO₂-экв. в случае с местной водой (произведенной в вашем регионе), 160 г CO₂-экв. — в среднем.

Мороженое — 500 г CO₂-экв.

Мусор, 1 кг — 700 г CO₂-экв., а если это алюминиевые банки — 9 кг CO₂-экв на кг.

Джинсы — 6 кг CO₂-экв.

Новый автомобиль (Ford Taurus) — 17 т CO₂-экв.

Деятельность университета — 72 000 т CO₂-экв. в год.

О том, как вы можете уменьшить свой личный «экологический след», можно прочесть, например, на сайте Всемирного фонда дикой природы (WWF) <http://www.wwf.ru/resources/footprint/tips>

⁵ Berners-Lee M. How Bad Are Bananas?: The Carbon Footprint of Everything. Greystone Books, 2011. <http://www.amazon.co.uk/How-Bad-Are-Bananas-everything/dp/1846688914>

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример школьной работы по наблюдению за последствиями ледяного дождя

Предисловие

Ледяной дождь — редкое явление, которое иногда воспринимается как ранее невиданное. При сильно отрицательной температуре воздуха (-5 – -20 °С) из атмосферы выпадают шарики размером 1–3 мм — ледяные сферы, внутри заполненные водой с температурой около 0 °С. При столкновении, например, с ветками деревьев они разрушаются, вода облепляет ветки и тут же замерзает, образуя толстую ледяную корку. От тяжести льда ветки и даже стволы деревьев гнутся и ломаются. Именно ледяной дождь был приведен выше в тематическом разделе «Лес и климат» как пример неблагоприятных для растительности погодных условий (см. фото на рис. 3.6, стр. 84). Земля и все поверхности также покрываются льдом — наблюдается сильнейший гололед.

Для ледяного дождя требуются специфические атмосферные условия, когда большие массы теплого и влажного воздуха сверху натекают на приземный слой холодного воздуха толщиной в 1–3 км с сильно отрицательной температурой. Дождь образуется на большой высоте (в слое теплого воздуха), затем, проходя через холодный воздух, капельки покрываются льдом, но в льдинки превратиться не успевают. Поэтому они не скатываются с веток деревьев, а облепляют их в виде слоя замерзающей воды и льда. Такая ситуация возникает при резких перепадах погоды, характерных для неустойчивого климата с большой вариабельностью (см. рис. 1.17 и 1.18).

В ряде мест ледяные дожди — довольно частое явление, например, в провинции Квебек на юго-востоке Канады. В России это редкое явление, но в последние годы оно наблюдается чаще. В конце декабря 2010 года сильный ледяной дождь прошел в Москве, что привело к массовой гибели деревьев. Отмечались ледяные дожди в Поволжье, в Псковской и Ленинградской областях. Сейчас вероятно их появление и в более северных регионах европейской части России, так как там в зимнее время чаще наблюдается приход с юга теплого и влажного воздуха.

Возможно выпадение дождя и в других регионах России, в том числе и на Дальнем Востоке.

При возникновении данного явления школьникам можно предложить провести собственные наблюдения за его последствиями для различных пород деревьев, в качестве примера взяв работу, выполненную в г. Дмитровграде Ульяновской области.

Школьная работа

Влияние аномальных погодных условий зимы 2010/2011 года на природные экосистемы г. Дмитровграда

Выполнена учеником 11 класса средней школы № 9 г. Дмитровграда Александром Нехожиным (научный руководитель — Т.Г. Капкова).

2010 год преподнес средней полосе России прощальный сюрприз: не успев отдохнуть от катастрофических пожаров минувшего лета, в декабре ряд регионов европейской части России оказался в ледяном плену.

Сочетание атмосферных условий вызвало редкое для России погодное явление: ледяной дождь и мощный слой льда на земле и всех остальных поверхностях, включая деревья, транспорт, провода. В нашей области это случилось 5–8 декабря.

В Ульяновской области больше всего от данных погодных аномалий пострадали Новомалыклинский (порвано более 20 км электрических сетей), Мелекесский, Старомайнский, Чердаклинский районы, город Дмитровград. В области из-за обрывов обледеневших проводов были отключены от электроснабжения 78 населенных пунктов. Половина жителей Дмитровграда остались на несколько дней без воды и электричества. В городе решался вопрос о возможном введении режима чрезвычайной ситуации!

Цель работы: изучить влияние данных аномальных погодных условий на городские и пригородные экосистемы г. Дмитровграда.

Методика исследований: оценка санитарного состояния растительности, оценка внешнего вида деревьев и их повреждений.

Район исследований: нами исследованы Первомайский и Западный районы города Димитровграда. Обследованы территории вблизи р. Б. Черемшан и р. Мелекесска в черте города.

Экономический ущерб (на примере линий электропередач): по данным Димитровградского производственного отделения филиала ОАО «МРСК Волги — Ульяновские распределительные сети» на ликвидацию последствий ледяного дождя для линий электропередач было потрачено 70 936 200 рублей. Для сравнения: в другие годы (в обычном режиме) на устранение последствий неблагоприятных погодных явлений обычно уходит 15 000 000 рублей. Заменено опор линий электропередачи — 1978 шт. (в обычном режиме — порядка 400). То есть затраты увеличились почти в 5 раз.

Исследование растительности: в результате ледяного дождя 5 декабря все поверхности, в том числе стволы и ветви деревьев, покрылись толстым слоем льда, местами достигавшим 3–4 см.

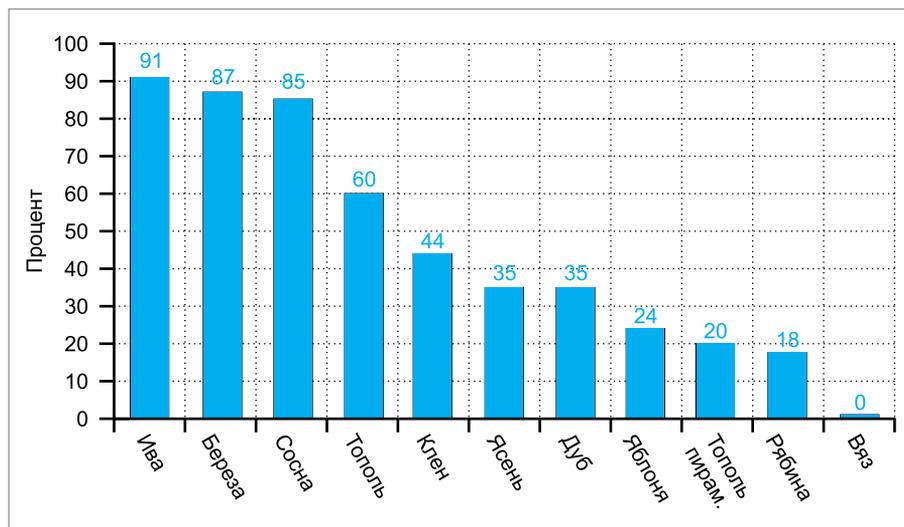
Обследование проводилось вдоль основных улиц города. Результаты рассчитывались по среднему состоянию групп деревьев в количестве от 10 до 30 штук. На обследованных нами территориях санитарное состояние древесных насаждений было очень плохое. В районе реки Мелекесска 70% деревьев были с обломанными верхушками. В районе городского пляжа 85% деревьев ивы были сломаны. В районе Соцгорода на обследуемой площадке 65% деревьев были повреждены. Основные повреждения — сломанные боковые и верхушечные ветви.

По результатам исследования мы пришли к выводу, что больше всего повреждены сосны, березы и ивы. За ними по количеству поврежденных следует тополь. Меньше повреждений у клена, ясеня и дуба. Еще меньше пострадали липы, рябина, яблони, вязы (рис. ПЗ.1).

Почки деревьев на несколько дней оказались под слоем льда. Продолжительное оледенение приводит к ослаблению и даже гибели почек, которые задыхаются под толстым слоем льда. Выжившие после продолжительного обледенения почки не смогут противостоять даже сравнительно небольшим морозам и в дальнейшем погибают.

Толстый слой льда на земле, который держится несколько дней, приводит к вымерзанию и отмиранию вегетативных и генеративных почек травянистых растений. Это отрицательно скажется на возобновлении вегетации весной.

Рис. П3.1
Повреждение
пород деревьев
от оледенения.
 Процент поврежден-
 ных от всех обследованных



Влияние на птиц и других животных. Ледяной дождь, превратившийся в толстую ледяную корку на всех поверхностях, стал настоящей катастрофой для зимующих птиц. Из-под льда они не могут добыть себе пищу, поэтому, если не подкармливать птиц, то они не переживут эти дни. Все возможные источники пищи: зерна, семена ясеня, клена, злаков; ягоды рябины, калины, ранеток — оказались под толстым слоем льда. Даже стволы деревьев были покрыты льдом, что лишает птиц не только пищи, но и убежищ. В этом случае крайне необходима срочная подкормка птиц. Заметим, что подкормка также нужна и при менее катастрофических условиях, в частности, в гололедицу, после снегопада с липким снегом и в сильные морозы.

На животных в лесу наличие толстого ледяного наста тоже оказывает большое влияние. Особенно для мелких млекопитающих, таких как мышевидные грызуны, насекомоядные. Случаи гибели мелких зверьков, мигрирующих по ледяной корке или плотной ветровой доске, нередко принимают массовый характер.

Для крупных животных особенности структуры снежного покрова далеко не безразличны. Легко ломающаяся ледяная корка мешает хищнику бесшумно подкрадываться к осторожной жертве, режет ноги, затрудняет передвижение и заставляет менять места охоты.

Выводы: в результате наших исследований мы пришли к выводу, что аномальные климатические условия серьезно повлияли на природные экосистемы города Димитровграда, пригородные леса Мелекесского лесничества (см. также данные, полученные от лесничеств, рис. П3.2).

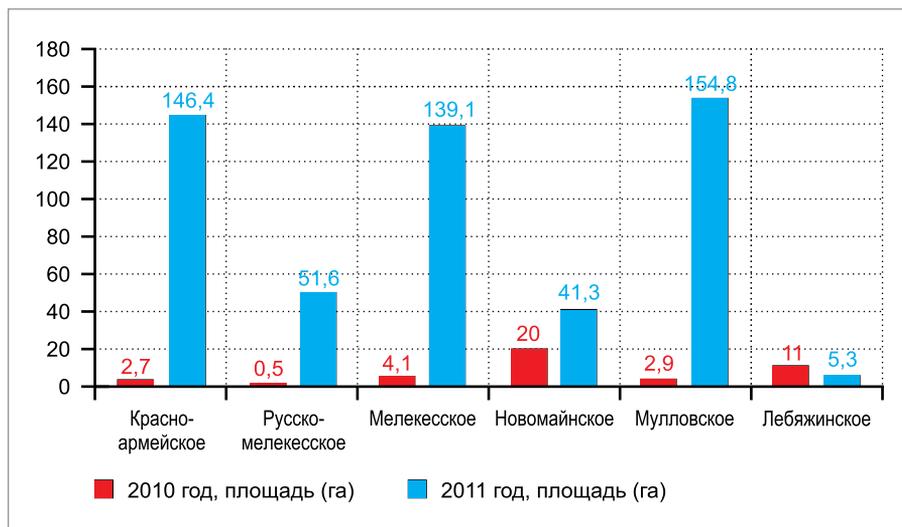


Рис. П3.2
Сравнение объемов санитарно-оздоровительных мероприятий по лесничествам в 2010 и 2011 гг.

- Экологическое состояние природных экосистем существенно изменилось в худшую сторону.
- Санитарное состояние древесной растительности на территории города и на участках Мелекесского лесничества расценивается как неудовлетворительное. Деревья относятся в основном к 4–5 классу по шкале оценки санитарного состояния (используется 5-бальная шкала, где 1 — лучшее, а 5 — худшее состояние). К 3–4 классу по эстетической оценке.
- Наиболее пострадали насаждения Мулловского, Красноармейского и Мелекесского лесничества.
- Наиболее уязвимыми оказались насаждения сосны, березы, ивы. Процент повреждения этих пород деревьев на некоторых участках достигает 70–90%.
- Нанесен большой ущерб экономике города. Объем работ по восстановлению линий электропередач, замене опор был почти в 5 раз больше, чем в обычные годы.
- Объем проведенных лесхозами санитарно-оздоровительных мероприятий превышает объемы подобных мероприятий в прошлые годы в десятки раз.
- На последующие 2 года специалисты прогнозируют массовое заражение поврежденных деревьев стволовыми вредителями и грибковыми заболеваниями. В ближайшие годы вероятно массовая гибель наиболее поврежденных деревьев.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

- Велика опасность возникновения лесных пожаров из-за захламленности леса сломанными деревьями.
- Нанесен большой ущерб местным популяциям зверей и птиц (как обследованного нами Мелекесского лесничества, так и других лесничеств, где сильно пострадали древесные насаждения).

Наши предложения

1. Продолжить изучение природных экосистем города Дмитровграда и лесных участков Мелекесского лесничества.
2. Организовать постоянный мониторинг территорий, пострадавших от ледяного дождя.
3. Продолжить санитарно-оздоровительные мероприятия с целью очистки лесов от большого числа поваленных деревьев и веток, наличие которых способствует развитию вредителей леса.
4. Провести специальные лесотехнические мероприятия (опрыскивание деревьев, пострадавших от ледяного дождя, специальными препаратами и другие меры), направленные на защиту леса от стволовых вредителей и грибковых заболеваний.
5. Провести более детальные исследования влияния ледяного дождя на популяции лесных зверей и птиц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Примеры работ школьников по сохранению тепла и электроэнергии

Предисловие

В пятом и шестом тематических разделах рассмотрены возможности экономии тепла и электроэнергии, доступные каждому, в том числе и школьникам. Сформулированы и 30 практических советов по малозатратным, но эффективным способам экономии. Ниже приводятся школьные работы, которые могут быть взяты в качестве примера для самостоятельных практических работ в рамках факультативного курса «Климат и энергосбережение» для учащихся 10–11-х классов. Его примерная программа приводится в приложении 5. Однако многие работы могут выполняться и более младшими школьниками.

Ниже сначала приводятся краткие описания пяти выполненных работ, а затем дается подробное рассмотрение еще одной работы, которая заняла высокое место на международном школьном конкурсе. Эти примеры были взяты из опыта Школьного проекта по использованию ресурсов и энергии (ШПИРЭ) в Дальневосточном федеральном округе и любезно предоставлены Галиной Михайловной Чан.

Краткие примеры школьных работ

В 2011 году учащиеся школы № 6 г. Бикина в Хабаровском крае (руководитель А. Ю. Молчанова) рассчитали, что полная замена окон и ламп накаливания позволит сэкономить 21% от суммы, которая в настоящее время тратится школой на оплату тепла, электроэнергии, горячей и холодной воды и составляет 1 млн 144 тыс. рублей. Расчеты показали, что замена окон приведет к экономии 121 тыс. рублей за год. Соответствующая меньшему потреблению тепла экономия топлива была пересчитана в виде несостоявшихся выбросов CO_2 в количестве 22,2 тонн. Школьники также рассчитали, что для того, чтобы поглотить такое количество CO_2 , нужно 1069 деревьев. Если школа полностью перейдет на использование энергосберегающих ламп, то за год будет сэкономлено более

125 тыс. рублей. Энергосберегающие лампы окупятся в течение 4,5 месяцев, а выбросы CO_2 в атмосферу снизятся на 30,5 тонн, для поглощения которых необходимо 1221 дерево.

Команда старшеклассников школы № 28 г. Владивостока (руководители Н. И. Симанчук и Ю. А. Белозеров) в 2009 году провела анализ потребления электроэнергии в своих семьях за один год. В ходе проекта четыре семьи перешли к более экономному расходованию энергии у себя дома. Таким образом, школьники доказали возможность конкретного человека повлиять на уменьшение выбросов парниковых газов за счет экономии электроэнергии. Четыре семьи, сэкономив за 12 месяцев 1520 кВт·ч электроэнергии, сохранили 1140 кг угля, предотвратив прямые выбросы 3,2 тонн CO_2 (о прямых и косвенных выбросах см. приложение 2). Если эти цифры умножить на количество семей во Владивостоке и в целом в России, то результаты получатся очень значимые.

В 2007 году ученик школы № 3 пос. Кавалерово Приморского края Антон Митюгин (руководитель Н. И. Каменева) изучил уровень потребления электроэнергии наиболее применяемыми в его квартире бытовыми приборами в режиме «ожидания». Использовался прибор SPAREMETER NZR 230. Как показали измерения, в режиме «ожидания» была потреблена электроэнергия, на оплату которой уходит 35 рублей в месяц, или около 420 рублей в год. Расчет возможной экономии был выполнен и по всему Приморскому краю. При численности населения края примерно 2 млн человек можно предположить, что число семей составляет около 660 тыс. Вероятно, не в каждой семье так много электроприборов, как у Антона Митюгина, поэтому можно допустить, что за режим «ожидания» каждая семья платит не 35, а 25 рублей в месяц. Тогда получается, что в месяц жители края платят 16,5 млн рублей, а за год почти 200 млн. Эти результаты наглядно демонстрируют важность отключения приборов от сети.

Школьники находят и возможности использования альтернативных источников энергии, причем иногда самым неожиданным образом. В качестве примера приведем две очень любопытные работы.

В 2009 году Максим Тумаков, учащийся школы № 1 г. Биробиджана, сделал устройство, способное зарядить мобильный телефон без электросети. Это устройство вырабатывает электроэнергию без вреда для окружающей среды — используется энергия солнца и мышечная сила человека. Расчетная стоимость такого устройства — 320 рублей.

Учащиеся школы № 64 г. Владивостока Сергей Коренев и Татьяна Бибакова (руководитель В. Г. Ялынычева) обратили внимание на мускульную силу животных, что очень широко использовалось в прошлом. Оказалось, что даже домашние хомячки Сема и Бим могут вырабатывать немало электроэнергии. Хомячки часто, подолгу и с большим удовольствием бегали в колесе, что давало энергию, достаточную для работы светодиодной электрической лампочки мощностью 3Вт (что равно примерно 25 Вт обычной лампы накаливания) в течение 4 часов. Если же к колесу подключался аккумулятор мощностью 4Вт, то за ночь он полностью заряжался, что хватало для работы сотового телефона в течение 5–6 часов. Школьники рассчитали, что за год экономия электроэнергии может составить 1,4 кВт·ч — пусть небольшой, но реальный вклад в проблему энергосбережения и снижения выбросов CO₂ в атмосферу.

Пример школьной работы по домашнему энергосбережению

Эта работа была выполнена в Центре развития творчества детей и юношества Первомайского района г. Владивостока Дарьей Филипповой (руководитель И. Г. Агапова). В 2007 году работа заняла второе место на международном конкурсе проектов по энергоэффективности «Энергия и среда обитания».

Побудительные мотивы выполнения проекта по домашнему энергосбережению. Сегодня как никогда необходимо понимать взаимосвязь своего образа жизни и состояния окружающей среды. В свете различных экологических проблем чрезвычайно важна организация эффективного использования энергии в быту.

Цель проекта. Исследование возможных методов энергосбережения в квартире городского дома.

Задачи проекта:

- продемонстрировать, как можно организовать эффективное энергосбережение на кухне;
- продемонстрировать возможности сбережения воды и энергии в ванной комнате;
- организовать эффективное использование энергии в жилой комнате.

Методы. Знания, полученные на различных семинарах и лекциях, посвященных энергосбережению и энергоэффективности,

были применены на практике — в собственной квартире. Выбрав несколько комнат (кухня, ванная комната и жилая комната), вооружившись полученной ранее информацией, я приступила к действию. Принимая какие-либо меры, я старалась посчитать примерный численный результат экономии в расчете на неделю (то есть то, что я уже смогла сэкономить) и на год (то есть сколько смогу сэкономить, применяя различные методы).

Кухня. Это одна из самых энергоемких комнат, поэтому именно здесь чрезвычайно важна организация эффективного использования энергии. Наш дом расположен так, что прямого солнечного освещения в квартире не бывает.

Окна кухни выходят на северную сторону, поэтому для того чтобы свет лучше попадал в комнату, днем окна не закрываются ни шторами, ни тюлем. Подсчитано, что до 70% теплопотерь здания происходит через окна. Поэтому на зиму мы с родителями утеплили окна и устранили все сквозняки. Для этого щели заделывались поролоном и сверху проклеивались либо полосками ткани, либо специальным скотчем. Для утепления форточек мы использовали силиконовую изоляцию. Таким образом, мы свели к минимуму теплопотери через окна. На ночь окна зашториваются и штора поднимается на подоконник, чтобы не препятствовать проникновению в комнату тепла от батареи.

Батареи. В моих силах сделать их работу немного эффективней. За батарею я установлю лист фольгопласта — современного теплоизоляционного материала, представляющего собой слой алюминиевой фольги (или металлизированной лавсановой пленки) и слой теплоизолирующего пенополиэтилена. Лист будет обращен фольгой к батарее, а пенополиэтиленом к стене. Тогда он будет и препятствовать проникновению тепла через стену на улицу, и отражать тепловое излучение батареи внутрь комнаты. Я измерила температуру в кухне до того, как установила фольгопласт, и после этого. Во втором случае термометр показал температуру на 3 градуса выше.

Освещение в кухне. Большую часть дня нужно использовать естественное освещение, чтобы «облегчить» ему путь, необходимо часто мыть окна. Например, я мою их раз в 2 месяца. Но как бы мы ни старались, нам все равно необходимо использование искусственного освещения. Его источники в кухне — люстра и светильник, висящий над столом. Я заменила обычные лампы накаливания на энергосберегающие — компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). По светоотдаче люминесцентная лампа в 20 Вт эквивалентна

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

лампе накаливания в 100 Вт и служит в 12 раз дольше. Рассчитаем общую экономию электроэнергии при использовании КЛЛ исходя из того, что используется она 6 часов в день: $80 \text{ Вт} \times 6 \text{ часов}$. Экономия люминесцентной лампы составляет 480 Вт·ч в день, 3,36 кВт·ч в неделю и 175 кВт·ч за год. На кухне две такие лампы, поэтому получим экономию в 6,7 кВт·ч в неделю и 350 кВт·ч в год.

Бытовая техника на кухне. Сегодня существует огромное количество разнообразных моделей техники, однако предпочтение нужно отдавать электроприборам класса «А», они более энергоэкономичны, чем класса «В» и ниже. Так наша семья и поступила — совсем недавно мы приобрели плиту, относящуюся к этому классу. При средних условиях эксплуатации она потребляет 350 кВт·ч в год, а старая плита потребляла 420 кВт·ч в год. Экономия за год составит 55 кВт·ч. Плита стеклокерамическая, что позволяет конфоркам очень быстро разогреваться и готовить пищу с минимальными энергозатратами. Для того чтобы тепло не уходило впустую, необходимы кастрюли точно по размеру конфорок. Готовя пищу, нужно не забыть накрыть кастрюлю крышкой, брать кастрюлю, соответствующую объему приготавливаемой пищи (очень большая кастрюля не нужна), и не использовать воды больше, чем требуется.

Холодильник занимает особое место на любой кухне. Это один из самых важных ее элементов. Находиться он должен подальше от любых нагревательных приборов, а также батарей центрального отопления. Холодильник не должен закрывать собой батареи, а также находиться близко к ним. Минимальное расстояние между холодильником и батареей должно быть 50 см.

В нашей семье очень любят пить чай, поэтому нам приходилось кипятить чайник 2–3 раза в день. Так расходуется очень много лишней энергии. Гораздо более выгодным будет использование

Таблица П4.1. Расчет экономии электроэнергии при использовании термоса

	Без использования термоса	С использованием термоса
Количество кипячений в день	3	1
Расход эл-ва в день (энергия, потребляемая за 1 кипячение, \times к-во кипячений в день)	$0,148 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 3 = 0,444 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$0,148 \text{ кВт}\cdot\text{ч} \times 1 = 0,148 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
Расход эл-ва в неделю (расход эл-ва в день \times к-во дней в неделю)	$0,444 \times 7 = 3,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$0,148 \times 7 = 1,04 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
Расход эл-ва в год (расход эл-ва в день \times к-во дней в году)	$0,444 \times 365 = 162 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$	$0,148 \times 365 = 54 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$
Результат: экономия в неделю 2,1 кВт·ч, в год 108 кВт·ч.		

термоса, так как тогда необходимость кипятить воду по несколько раз отпадает. Мощность чайника составляет 1,85 кВт. Максимальный объем воды (его мы чаще всего используем) кипятится 5 минут (1,5 литра). Произведем необходимые вычисления: $1,85 \text{ кВт} \times 5 \text{ мин} = 0,148 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ (электроэнергия, потребляемая за одно кипячение), табл. П4.1.

Использование горячей воды для мытья посуды. Мало кто знает о том, что во время мытья горки грязной посуды под сильной струей в канализацию уходит в среднем свыше 100 литров воды. Поэтому я решила использовать пробку для слива. Так гораздо экономнее, ведь я использую ровно столько воды, сколько мне нужно. Используя очень простой метод, я докажу, что использование пробки гораздо выгоднее.

Для начала определим скорость расхода воды. Для этого возьмем секундомер и 1-литровую банку и посмотрим, за какое время она наберется при обычном напоре (который я всегда использую). Литровая банка набралась за 6 секунд. Необходимый мне объем воды в раковине — 9 литров, он набирается примерно за 54 секунды.

Посуду я мою 1 раз в день, затрачивая 15 минут (900 секунд). Таким образом, при открытом кране воды за общее время мойки расходуется 150 литров ($900/6 = 150$) в день. За неделю это составит 1050 литров, а за год 54 750 литров.

При использовании пробки: $9 \text{ литров} \times 7 \text{ дней} = 63 \text{ литра}$ (в неделю), $9 \text{ литров} \times 365 \text{ дней} = 3 285 \text{ литров}$ (в год). Следовательно, экономия при использовании пробки составит 987 литров в неделю и 51 465 литров в год.

Используя методику, предложенную ШПИРЭ, посчитаем возможную экономию энергии при такой экономии воды. Мы используем горячую воду, а для того чтобы ее нагреть, также нужна энергия. Поэтому я измерила температуру холодной воды ($t=8 \text{ }^\circ\text{C}$) и температуру той горячей воды, которую использую ($t=32 \text{ }^\circ\text{C}$). Разница между ними составляет $24 \text{ }^\circ\text{C}$. По предложенной ШПИРЭ формуле посчитаем сэкономленную энергию за неделю и за год: количество сэкономленной воды в литрах \times разница температур $\times k^1$.

¹ $k=0,001163$ – множитель, использованный при подсчетах, основывается на том, что нагрев 1 литра воды на 1°C требует 1000 кал, или 4187 Дж. Далее делается перевод Дж в кВт·ч путем деления на $3,6 \times 10^6$.

Вот мы и закончили нашу прогулку по кухне. А теперь давайте подсчитаем, насколько энергоэкономней стала эта комната (табл. П4.2).

Таблица П4.2. Расчет экономии энергии на кухне

	Экономия в неделю	Экономия в год
Освещение (замена ламп накаливания на энергосберегающие — КЛЛ)	6,7 кВт·ч	350 кВт·ч
Кухонная плита (покупка плиты класса «А»)	Около 1 кВт·ч	55 кВт·ч
Электрочайник (использование термоса)	2,1 кВт·ч	108 кВт·ч
Мытье посуды (использование пробки)	27,5 кВт·ч	1436 кВт·ч
Итого	37,3 кВт·ч	1949 кВт·ч

Ванная

Принимаем душ. Всем известно, что гораздо экономнее принимать легкий душ, чем ванну. Я тоже предпочитаю первое. Однако во что же нам обходится прием душа или ванны? Подсчитано, что легкий душ обходится примерно в 50 литров воды, тогда как на прием ванны расходуется в три раза больше — 150 литров. Я и члены моей семьи принимаем душ по 3 раза в неделю, то есть наша семья экономит: 100 литров (экономия 1 человека) × 3 (количество приемов душа в неделю) × 3 (количество человек в семье) = 900 литров в неделю и, соответственно, 900 (экономия в неделю) × 52 (примерное кол-во недель в году) = 46 800 литров в год. Температура холодной воды составляет 7 °С, а комфортной для нашей семьи температурой приема душа является 38 °С. Как и в случае с раковиной на кухне, подсчитаем разницу температур и сэкономленную энергию: $\Delta t=31$ °С. Экономия за неделю составит 32,4, а за год около 1680 кВт·ч.

Чистим зубы. Нам постоянно твердят о том, что нужно выключать воду во время чистки зубов. На протяжении уже нескольких лет я придерживаюсь этого правила. А что бы было, если бы я и члены моей семьи не делали этого? Проведем несложные вычисления. Возьмем обычную литровую банку и посмотрим, за какое время она наберется при среднем напоре воды (который мы чаще всего используем). Получилось 5 секунд. На чистку зубов мы тратим в среднем 3 минуты (180 секунд), за которые 36 литров уходит в канализацию. Если чистить зубы 2 раза в день, то на 3 человек расход составит 216 литров. За неделю наберется примерно 1500, а за год почти 80 000 литров. Поэтому не зря многие люди призывают применять эту несложную меру.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Жилая комната. Это одновременно и спальня, и кабинет. Окна здесь утеплены так же, как и в кухне. В этой комнате стена, обращенная на улицу, была очень холодной, поэтому я решила обклеить ее пенопластовыми плитками, которыми обычно обклеивают потолки. В комнате после этого стало заметно теплее, ведь пенопласт — отличный теплоизоляционный материал. Основным источником энергопотребления в моей комнате является компьютер. Раньше я могла сидеть за ним часами (как минимум 4 часа), но сейчас я стала ограничивать себя только двумя часами. Во-первых, таким образом я уменьшу собственное энергопотребление, а во-вторых, долгое пребывание за компьютером губительно для глаз. Мой компьютер потребляет 0,54 кВт·ч (с учетом подсоединенных к нему устройств).

Таблица П4.3. Расчет экономии электроэнергии при работе за компьютером

Энергопотребление	4 часа работы за компьютером	2 часа работы за компьютером
В день	$0,54 \times 4 = 2,16$ кВт·ч	$0,54 \times 2 = 1,08$ кВт·ч
В неделю	$2,16 \times 7 = 15,12$ кВт·ч	$1,08 \times 7 = 7,56$ кВт·ч
В год	$2,16 \times 365 = 788$ кВт·ч	$1,08 \times 365 = 394$ кВт·ч

Таким образом, экономия в неделю составила 7,6 кВт·ч, а за год почти 400 кВт·ч., табл. П4.3.

Таблица П4.4. Общая экономия энергии в квартире

	Экономия в неделю	Экономия в год
Кухня	37,3 кВт·ч	1949 кВт·ч
Ванная	32,4 кВт·ч	1680 кВт·ч
Жилая комната	7,6 кВт·ч	394 кВт·ч
Итого	77,3 кВт·ч	4023 кВт·ч

Результаты. Вот я и закончила свой небольшой рассказ о том, как сэкономила энергию дома. И теперь самое время подвести итоги (табл. П4.4).

Полученные цифры могут шокировать. На собственном примере увидев, что русская пословица «Бережливость лучше богатства» — не просто слова, я решила продолжить такой образ жизни. В ближайших планах у меня и моей семьи покупка холодильника класса «А», а также замена линолеума во всех комнатах на паркет (так как он хуже проводит тепло, чем обычный линолеум). В остальных комнатах квартиры я уже сейчас применяю

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

те меры, которые описаны в этой работе (установка фольгопласта, утепление окон и т. д.).

Заключение

Применяя несложные методы бытовой экономии, можно добиться очень высоких результатов. Простая экономия может (и должна) стать дополнительной статьей семейного дохода. Каждый из нас, регулируя собственное потребление, сможет сократить свое отрицательное влияние на окружающую среду и сберечь все более дорожающие природные ресурсы. А цифры, подсчеты... Они нужны лишь для убеждения. В том, что ты делал что-то не зря. В том, что не все потеряно и действительно можно избежать экологической катастрофы. Важно понять одно — только все вместе, «всем народом, всей Землей», объединив свои усилия, мы сможем помочь нашей общей матери — природе. Для этого нужно во весь голос сказать людям, до сих пор живущим расточительством: «Вы не правы! ХВАТИТ расточать!!!»

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Программа факультативного курса «Климат и энергосбережение» для учащихся 10–11-х классов общеобразовательных учреждений

Пояснительная записка

Растущая цена энергетических ресурсов и вероятные негативные последствия изменений климата вынуждают нас пересмотреть отношение к производству и потреблению энергии. Бережное отношение к окружающей среде и природным ресурсам признано одним из ключевых принципов образования в области экологии и устойчивого развития. Приоритетным становится не степень осведомленности учащихся об экологической проблематике, а способность к реальным действиям по сохранению качества окружающей среды. Важно формирование ответственности за дальнейшую судьбу своего города, региона, страны и планеты в целом.

Актуальность факультативного курса «Климат и энергосбережение» продиктована объективными требованиями времени и изменениями, происходящими сейчас во всем мире. Во всех странах активно используются запасы ископаемого топлива — нефти, газа, угля. Однако они добываются все дальше и сложнее и становятся все дороже. Постоянно наблюдаемый рост цен на энергоносители предполагает не только развитие и более широкое использование возобновляемых источников энергии (таких как солнце, ветер, геотермальная и гидроэнергия, энергия биомассы), но, прежде всего, экономное отношение к традиционным энергетическим ресурсам.

В декабре 2009 года Президент Российской Федерации Д. А. Медведев подписал «Климатическую доктрину Российской Федерации». Одна из задач, поставленных в Доктрине, — просвещение в области изменения климата, мер адаптации, а также энергоэффективности и энергосбережения. Подчеркивается, что проблема изменения климата требует внимания со стороны не только государственных служб, но и населения в целом. Именно поэтому в нашей стране активно ведется вовлечение всех гра-

ждан — школьников, студентов, взрослых — в государственные программы энергоэффективности и энергосбережения, призванные не только снизить коммунальные расходы, но и внести вклад в решение проблемы изменения климата. В свою очередь, государственные органы в лице Росгидромета предпринимают немалые усилия по пропаганде знаний в области изменения климата, а подготовленные ими доклады и бюллетени легли в основу данной книги.

В книге имеется список литературы и интернет-источников, которыми можно воспользоваться и педагогу, и учащимся. Для удобства пользования список разделен на 2 части. В первой части приведено около 10 главных источников. Все они на русском языке и с интернет-доступом, включая и базовые материалы Росгидромета. Во второй части собрано более 30 дополнительных источников, некоторые из них на английском языке.

Программа факультативного курса «Климат и энергосбережение» создает условия для более полного понимания учащимися актуальности и социальной значимости проблемы изменения климата и энергосбережения, а также призывает к доступным действиям — как по уменьшению влияния каждого человека, семьи, школы на климатическую систему (снижение выбросов парниковых газов через энергосбережение), так и по адаптации к нынешним и ожидаемым в ближайшие годы изменениям, как позитивным, так и негативным, которых, к сожалению, гораздо больше. Программа подготовлена Е. В. Смирновой (Экобюро GREENS).

Программа позволяет реализовать образовательные, воспитательные и развивающие задачи таких дисциплин, как география, экология, физика, химия, биология, основы безопасности жизнедеятельности (ОБЖ) и валеология (общая теория здоровья, претендующая на интегральный подход к физическому, нравственному и духовному здоровью человека).

Теоретические вопросы, рассматриваемые в курсе, выходят за рамки обязательного содержания и базируются на знаниях и умениях, полученных учащимися при изучении физики, химии, географии, экологии и биологии в основной школе. В процессе изучения курса происходит формирование научного миропонимания, расширение кругозора учащихся в области естественных наук, понимание и объяснение явлений, происходящих в повседневной жизни, с научной точки зрения. Факультативный курс «Климат и энергосбережение» предусматривает интеграцию следующих предметов: географии, физики, химии, биологии и экологии.

Цель факультативного курса «Климат и энергосбережение» — изучение особенностей климатической системы, ее изменений в наше время, понимание роли человека в изменении климата и формирование готовности к конкретным действиям.

Задачи факультативного курса «Климат и энергосбережение»:

1. Образовательные:

- освоить важнейшие термины и понятийный аппарат, касающийся глобального изменения климата;
- показать необходимость системного подхода к решению проблемы изменения климата;
- расширить познания о глобальных и региональных климатических изменениях и проблемах, прогнозах на будущее, ожидаемых негативных и позитивных эффектах в вашем регионе;
- способствовать формированию ключевых компетенций учащихся в области энергосбережения.

2. Развивающие:

- способствовать развитию умений грамотно работать с информацией, формулировать выводы и на их основе выявлять проблемы и находить пути их решения;
- содействовать активному участию в мероприятиях по сбережению тепла и электроэнергии в домашнем хозяйстве, в школе, в вашем городе или поселке;
- развивать практические умения и навыки по сохранению тепловой и электроэнергии в квартирах, частных домах, школе.

3. Воспитательные:

- воспитывать гражданскую ответственность за состояние окружающей среды, климата и природных ресурсов;
- воспитывать активную гражданскую позицию в решении вопросов энергосбережения;
- показать возможность и необходимость личного участия каждого в решении проблем, связанных с энергосбережением и сокращением личного влияния на климат.

Ожидаемые результаты:

- повышение уровня знаний в области изменения климата. Знание и понимание естественных и антропогенных факторов, влияющих на изменение климата, вероятного развития событий в будущем;

- знание и понимание роли влияния климата на леса и роли лесов в формировании климата;
- знание об основных тенденциях изменения климата в вашем регионе, прогнозах на будущее и ожидающихся эффектах, понимание путей адаптации к негативным эффектам и возможностей использования позитивных эффектов;
- понимание связи между сбережением энергии и уменьшением изменений климата;
- знание основных путей повышения эффективности использования тепловой и электрической энергии у себя дома;
- готовность к конкретным действиям по сбережению тепла и электроэнергии;
- повышение положительной мотивации к изучению физики, химии, географии, экологии и биологии.

Методы преподавания. Формы контроля достижений учащихся

Методы преподавания определяются целями и задачами курса, направленного на формирование способностей учащихся и основных компетентностей в предмете. Основные методические принципы связаны с формами организации деятельности, в которую будут погружаться учащиеся. Это словесный, наглядный, практический методы, проблемно-поисковый и исследовательский методы.

В области предметной компетенции учащиеся овладевают естественно-научными понятиями, изучают связи между различными природными и антропогенными явлениями, постигают важность понимания проблем научного поиска. Это способствует самореализации учащегося и помогает в выборе профессии.

В области коммуникативной компетенции учащиеся овладевают формами проблемной коммуникации (умение воспринимать точку зрения собеседника, аргументированно излагать свою точку зрения, давать оценку событий, происходящих в обществе и природной среде).

Способы оценивания достижений учащихся

Промежуточный контроль достижений учащихся осуществляется через наблюдение активности на занятии, анализ результатов

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

выполнения задания, беседы с учащимися. Итоговый зачет можно выставлять по результатам представления итогового проекта (финальная оценка «зачет/незачет»).

Тематическое планирование курса

Данная программа предлагается для учащихся 10–11-х классов, рассчитана на 34 учебных часа (1 час в неделю).

Программа включает в себя шесть тем: «Изменение климата на планете», «Что меняется в Арктике и насколько это серьезно?», «Лес и климат», «Региональные изменения климата и их вероятные последствия», «Сбережение тепла в зданиях», «Сбережение электроэнергии: это может сделать каждый». Пониманию материала данного курса учащимися помогут предшествующие знания (входные компетенции) в области физики, химии, географии, биологии, экологии, ОБЖ.

Методическое обеспечение программы

Для эффективного усвоения программного материала факультативного курса «Климат и энергосбережение» рекомендуется использовать учебники, видеозаписи, мультимедийные материалы, разработки игр, экскурсии, знакомящие учащихся с организацией работы по охране окружающей среды и энергосбережению — как среди населения, так и в организациях и на промышленных предприятиях.

Важной формой овладения материалом должна стать самостоятельная работа учащихся по подготовке итоговой работы — разработке и представлению рекомендаций по уменьшению потребления электроэнергии или сокращению потерь тепла в своей квартире (дома) на основании домашнего энергоаудита — рассмотрения возможностей уменьшения потерь электроэнергии и тепла.

Содержание занятий

Введение (1 час)

Содержание и задачи курса. Понятия «климат», «климатическая система», «энергосбережение», табл. П5.1.

Тема 1. Изменение климата на планете (5 часов)

Изменение климата Земли в прошлом, в последние 500 и 60 млн лет. Последние миллионы лет: радиационный баланс Земли. Парниковый эффект. Сотни тысяч лет: ледниковые периоды и изменение

орбиты Земли. Последнее тысячелетие: вулканы, Солнце и океанские циклы. Главная климатическая особенность последних десятилетий. Круговорот CO_2 . Рост температуры в мире и в России. Разбалансировка климата. Проблема роста числа опасных гидрометеорологических явлений. Прогнозы и последствия изменения климата.

Тема 2. Изменение климата в Арктике (3 часа)

Атмосфера Арктики. Рост температуры приземного слоя воздуха в Арктике. Состояние льдов и океанских вод. Площадь арктических льдов. Объем арктических льдов. Северный морской путь. Морские экосистемы. Условия жизни белых медведей, моржей, китов, тюленей. Наземные экосистемы. Удлинение вегетационного периода. Рост береговой эрозии. Гидрологический режим и криосфера. Изменение стока рек. Таяние и разрушение ледников. Таяние многолетней мерзлоты.

Тема 3. Лес и климат (3 часа)

Лесные ритмы Азии в прошлом. Климатическая история и изменения растительного покрова плейстоцена и голоцена. Растительный покров Азии 20 тыс. лет назад, 11 тыс. лет назад, 8 тыс. лет назад, 5 тыс. лет назад.

Климатическое воздействие на леса. Причины гибели лесов в России. Изменения площадей лесов России. Прогноз на будущее. Воздействие леса на климат. Углеродный цикл (поглощение и эмиссия CO_2). «Зеленые легкие» планеты. Бюджет углерода. Тенденции будущих изменений.

Тема 4. Региональные изменения климата и их вероятные последствия (9 часов)

Изменения климата на Дальнем Востоке, температура, осадки, снежный покров. Опасные метеорологические явления. Прогноз изменения температуры. Прогноз изменения количества осадков. Понятие о прогнозах числа и силы опасных метеорологических явлений, социально-экономических и экологических последствий изменений климата.

Особенности изменения климата, прогнозы на будущее и предлагаемые меры в конкретном регионе (Приморский и Хабаровский края, Сахалинская и Амурская области, Камчатский край, Еврейская автономная область и Чукотский автономный округ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Изменения температуры и осадков за последние десятилетия. Изменения многолетней мерзлоты, морских вод. Основные черты изменения флоры и фауны. Опасные метеорологические явления последних лет. Прогноз изменения температуры и количества осадков. Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для вашего региона. Негативные явления, позитивные явления, резюме. Желательны занятия с рассмотрением соседних регионов.

Тема 5. Сбережение тепла в зданиях (4 часа)

Потребление энергии в жилом секторе России. Возможность снижения выбросов парниковых газов. Источники потерь тепла. Как сохранить тепло. Советы по сбережению тепла. «Пассивные» дома.

Тема 6. Сбережение электроэнергии (9 часов)

Бюджет электроэнергии среднего жителя России. Потенциал экономии электроэнергии. Экономия на освещении. Экономия и энергоэффективность бытовых приборов. Советы по сбережению энергии. Маркировка энергоэффективности. Экономия электроэнергии и изменение климата.

Практическая работа (выполнение итогового проекта). Проведение энергоаудита у себя в квартире (доме) — анализ потребления электроэнергии и представление рекомендаций по его снижению.

Таблица П5.1

Тематическое планирование факультатива «Климат и энергосбережение»

№ п/п	Тема	Всего часов	Теоретических	Практических
	Введение	1	1	
	Содержание и задачи курса. Понятия «климат, «климатическая система», «энергосбережение»	1	1	
1	Изменение климата на планете	5	4	1
1.1	Изменение климата Земли в прошлом. Временная шкала изменений климата. Последние миллионы лет: радиационный баланс Земли. Парниковый эффект. Сотни тысяч лет: ледниковые периоды и изменение орбиты Земли. Последнее тысячелетие: вулканы, Солнце и океанские циклы	2	2	
1.2	Главная климатическая особенность последних десятилетий. Круговорот углерода. Роль океана в климатической системе	1	1	
1.3	Рост температуры в мире и в России. Разбалансировка климата. Проблема роста числа опасных гидрометеорологических явлений. Прогнозы и последствия изменения климата	2	1	1

>>>

№ п/п	Тема	Всего часов	Теоретических	Практических
2	Изменение климата в Арктике	3	3	
2.1	Атмосфера Арктики. Рост температуры приземного слоя воздуха	1	1	
2.2	Состояние льдов и океанских вод. Площадь арктических льдов. Объем арктических льдов. Северный морской путь	1	1	
2.4	Морские экосистемы. Условия жизни белых медведей, моржей, китов, тюленей. Наземные экосистемы. Удлинение вегетационного периода. Рост береговой эрозии. Гидрологический режим и криосфера. Изменение стока рек. Таяние и разрушение ледников. Таяние многолетней мерзлоты	1	1	
3	Лес и климат	3	3	
3.1	Лесные ритмы Азии в прошлом. Климатическая история и изменения растительного покрова плейстоцена и голоцена. Растительный покров Азии 20 тыс. лет назад, 11 тыс. лет назад, 8 тыс. лет назад, 5 тыс. лет назад	1	1	
3.2	Климатическое воздействие на леса. Причины гибели лесов в России. Изменения площадей лесов России. Прогноз на будущее	1	1	
3.3	Воздействие леса на климат. Углеродный цикл (поглощение и эмиссия CO ₂). «Зеленые легкие» планеты. Бюджет углерода. Тенденции будущих изменений	1	1	
4	Региональные изменения климата и их вероятные последствия	9	5	4
4.1	Изменения климата на Дальнем Востоке, температура, осадки, снежный покров. Опасные метеорологические явления. Прогноз изменения температуры и осадков	2	1	1
4.2	Изменения климата в вашем регионе за последние десятилетия. Многолетняя мерзлота, морские воды, флора и фауна. Опасные явления последних лет. Прогноз изменения температуры и количества осадков. Данные и прогнозы для соседних регионов	3	2	1
4.3	Сводка связанных с изменениями климата экологических и социально-экономических явлений, их вероятных последствий и предлагаемых мер для вашего региона, соседних регионов. Негативные явления, позитивные явления, резюме	4	2	2
5	Сбережение тепла в зданиях	4	4	
5.1	Потребление энергии в жилом секторе России. Возможности снижения выбросов парниковых газов	1	1	
5.2	Источники потерь тепла	1	1	
5.3	Как сохранить тепло. Советы по сбережению тепла. «Пассивные» дома	2	2	
6	Сбережение электроэнергии	9	1	8
6.1	Бюджет электроэнергии среднего жителя России. Потенциал экономии электроэнергии	1	1	
6.2	Экономия на освещении. Бытовые приборы	2		2
6.3	Маркировка энергоэффективности. Экономия электроэнергии и изменение климата	1		1
6.4	Практическая работа (выполнение итогового проекта). Проведение энергоаудита у себя в квартире (доме) — анализ потребления электроэнергии и представление рекомендаций по его снижению	5		5

ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКИ

Основные источники

Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. Широкий спектр вопросов, связанных с изменением климата. Интерактивная прогностическая карта изменений климата в России. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke> (на сайте ГГО <http://www.voeikovmgo.ru> можно выбрать справа сверху раздел «Изменение климата России в XXI веке»).

Глобальные изменения климата, специальный сайт Росгидромета. Обширная подборка докладов и материалов по изменению климата. Ежемесячный бюллетень «Изменение климата». www.global-climate-change.ru

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. — М.: Росгидромет, 2012 (доклады выходят ежегодно). www.meteorf.ru или <http://climatechange.igce.ru>

Изменение климата, Ежемесячный электронный бюллетень, М. Росгидромет. www.meteorf.ru или www.global-climate-change.ru

Изменение климата: 100 вопросов и ответов / А. О. Кокорин — М.: WWF России, 2010. — 120 С. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/434>

Институт глобального климата и экологии (ИГКЭ) Росгидромета и РАН, специальный сайт, посвященный вопросам изменения климата. Мониторинг климата, доклады, прогнозы, часто задаваемые вопросы и пр. <http://climatechange.igce.ru>

Климатическая доктрина РФ. 2009. Распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». <http://президент.рф/acts/6365>. См. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine.doc

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу, под ред. В. М. Катцова и Б. Н. Порфирьева. — Росгидромет. — М.: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. — 252 С. Авторы: В. М. Катцов, Н. В. Кобышева, В. П. Мелешко, Б. Н. Порфирьев, Б. А. Ревич, О. Д. Сиротенко, В. В. Стадник, Е. И. Хлебникова, С. С. Чичерин, А. Л. Шалыгин. Доклад является совместным вкладом ученых и специалистов научно-исследовательских учреждений Росгидромета (Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (головной исполнитель), Арктического и антарктического научно-исследовательского института, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных, Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии, Гидрометцентра России, Государственного гидрологического института) и РАН (Института народно-хозяйственного прогнозирования РАН и Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН) в научное обоснование национальной стратегии Российской Федерации в отношении изменения климата. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/sobyitiya/doklad-otsenka-makroekonomicheskikh-posledstviy-izmeneniya-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. 1 и т. 2. — Росгидромет, М., 2009. <http://climate2008.igce.ru>

Оценочный отчет. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования. Под ред. О. А. Анисимова. СПб.: Государственный гидрологический институт, 2009. — 44 с. <http://www.permafrost.su/publications>

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, прогноз погоды, информация о погодных явлениях, новости и пр. www.meteorf.ru

Дополнительные источники

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт Росгидромета. Данные по Арктике, состояние льдов (раздел «Оперативные данные», Обзорные ледовые карты) и др. www.aari.nw.ru

Атлас биологического разнообразия морей и побережий Российской Арктики. — М.: WWF России, 2011. — 64 с. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/500>

Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения Российской Арктики. Ревич Б. А. и др. — М.: Представительство ООН в РФ, 2008. — 28 с. <http://www.unrussia.ru/sites/default/files/doc/Arctic-ru.pdf>

Всемирный фонд дикой природы (WWF). Работа бригад «Медвежий патруль». <http://www.wwf.ru/resources/features/story/47>

Всемирная метеорологическая организация www.wmo.ch. Широкий спектр материалов и данных об изменениях климата, новости, прогнозы, ссылки на последние публикации. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2011 г. на русском языке. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/documents/1085_ru.pdf

Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р. <http://www.rg.ru/2011/01/25/energoberejenie-site-dok.html>

Живая планета 2012. Биоразнообразие, биоемкость и ответственные решения. Доклад. WWF International, 2012. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/584>

Замолодчиков Д. Г. Леса и климат — вчера, сегодня, завтра // Живой лес. 2011. № 3. С. 16–22. http://givoyles.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=115&Itemid=

Замолодчиков Д. Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 382–392. <http://elibrary.ru/item.asp?id=16824433>

Замолодчиков Д. Г. Динамика углеродного баланса лесов России и ее вклад в изменение атмосферной концентрации углекислого газа // Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов в России». 2012. № 5. С. 31–38. <http://www.priroda.ru/lib/detail.php?ID=10706>

- Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Краев Г. Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28. <http://elibrary.ru/item.asp?id=17097641>
- Комплексный план реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 25 апреля 2011 г. № 730-р «Об утверждении комплексного плана реализации Климатической доктрины РФ на период до 2020 г.». <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2074495/>. См. также http://www.climatechange.ru/files/Climate_Doctrine_Action_Pl.
- Краев Г. Н., Замолодчиков Д. Г. Наблюдаемые воздействия современных климатических изменений на леса России // Экология. 2013.
- Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем. С. М. Семенов (ред.). — М.: Росгидромет, 2012. — 512 с. <http://www.igce.ru/category/knigi>
- Минэнерго, специальный сайт про энергосбережение. «Калькуляторы экономии», советы про выбор оборудования и многое другое. <http://www.energosber.info>
- Мохов И. И., Елисеев А. В. Моделирование глобальных климатических изменений в XX–XXIII веках при новых сценариях антропогенных воздействий RCP. Доклады Академии наук. 2012. Т. 443. № 6. http://strf.ru/material.aspx?CatalogId=21731&d_no=47344
- Национальный доклад РФ о кадастре источников и поглотителей парниковых газов. 2012 г. www.unfccc.int. См. также <http://www.global-climate-change.ru/index.php/ru/oficial-documents/kadastr-report>
- Образовательно-информационный сайт по использованию солнечной и ветровой энергии, биотоплива и других возобновляемых источников энергии, также освещаются вопросы энергосбережения и экологии. www.energy-fresh.ru
- Образовательно-информационный сайт по проблеме изменения климата на русском языке. www.climatechange.ru
- Поморская энциклопедия: в 5 т./ гл. ред. Н. П. Лавёров. — Архангельск, 2001. Т. II: Природа Архангельского Севера / гл. ред. Н. М. Бызова. — Архангельск. Поморский университет, 2007. — 603 с.
- Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 г. — ИНЭИ, РЭА, М., 2012. — 196 с. <http://www.eriras.ru/data/94/rus>
- Энергоэффективность в России: скрытый резерв. — ЦЭНЭФ, Всемирный банк, IFC, М., 2008. — С. 51 [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/\\$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_rus.pdf/$FILE/FINAL_EE_report_rus.pdf)
- Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России. Интеллектуальные здания, стандарты, финансирование, законодательство, лучшие практики в повышении энергоэффективности многоквартирных домов и др. http://undp-eeb.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=37&lang=ru
- Energy revolution. Perspectives for establishment of a system of energy security of Russia. Russia energy [r] evolution. — Greenpeace International, EREC. 2009. — 44 pp. <http://www.energyblueprint.info/822.0.html>

Hansen, J.E., and Mki. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, André; Mesinger, Fedor; Sijacki, Djordje (Eds.) — Springer, 2012. — 270 pp. <http://www.springer.com/environment/global+change/+climate+change/book/978-3-7091-0972-4>

International Energy Agency. Прогнозы развития энергетики Информация по вопросам эффективного использования энергии, возобновляемой энергетики и др. www.iea.org

IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Официальные доклады, вопросы идентификации изменений климата и их причин, прогнозы, оценка влияния на окружающую среду. Четвертый оценочный доклад IPCC 4AR, vol. 1, *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*. На русском языке см. *Изменение климата, 2007 г. Физическая научная основа*. www.ipcc.ch

Richter-Menge, J., M. O. Jeffries and J. E. Overland, Eds., 2011: *Arctic Report Card 2011*. <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard>

Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*, 2012. — 582 pp. www.ipcc.ch

The Emission Gap Report, UNEP, December 2010. — 52 pp. Имеется Техническое резюме на русском языке: Доклад о разрыве в уровне выбросов. <http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport>

The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050. WWF, Ecofys, OMA. 2011. — 256 pp. http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/sustainable_energy_report/

United Nations Environment Programme (UNEP). Образовательные материалы по изменению климата и влиянию на экосистемы. Библиотека публикаций. www.unep.org. Доклад ЮНЕП и Всемирной метеорологической организации по «черному углероду» (саже) и тропосферному озону. <http://www.unep.org/ccac/>

United Nations Framework Convention on climate change. Рамочная конвенция ООН об изменении климата и Киотский протокол. Архив документов и решений, новости, данные о выбросах парниковых газов, официальные государственные доклады. www.unfccc.int

US EPA. Report to Congress on Black Carbon, March 2012. — 338 pp. <http://www.epa.gov/blackcarbon>

www.realclimate.org Climate Science from Climate Scientists. Дискуссионный форум ученых-климатологов. Поддерживается американскими учеными, активно работающими по проблеме изменения климата. Даются оперативные ответы на любые вопросы, включая самые экзотические теории изменения климата. Дискуссия охватывает любые научные вопросы изменения климата, но не затрагивает политические и экономические аспекты.



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Данная публикация издана при поддержке Агентства международного развития США.

Точка зрения авторов данной публикации не обязательно отражает точку зрения Агентства международного развития США или Правительства США.



Миссия WWF

Остановить деградацию естественной среды планеты для достижения гармонии человека и природы.

www.wwf.ru

Всемирный фонд дикой природы (WWF):

109240 Москва, а/я 3, ул. Николоямская, д. 19, стр. 3; тел: +7 (495) 727 09 39; факс: +7 (495) 727 09 38
russia@wwf.ru