ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Технический документ VI МГЭИК

ВМО

Межправительственная группа
экспертов по изменению климата

ЮНЕП

ВМО

МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ГРУППА ЭКСПЕРТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

ЮНЕП

Изменение климата и водные ресурсы

Редакторы

Брайсон Бэйтс
КСИРО
Австралия

Збигнев В. Кундцевич
Польская академия наук, Польша,
и Потсдамский институт
исследований последствий
изменения климата, Германия

Саохон У
Китайская академия наук
Китай

Жанна Палютикоф,
Метеорологическое бюро,
Центр Гадлея
Соединенное Королевство

Это Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата, подготовленный в соответствии с решением Группы экспертов. Материал, содержащийся в этом документе, рецензировался экспертами и правительствами, но не рассматривался Группой экспертов на предмет возможного принятия или одобрения.

Июнь 2008 г.

Данный документ подготовлен под руководством Группы
технической поддержки Рабочей группы II МГЭИК

При цитировании просьба указывать данный Технический документ следующим образом:

Б.К. Бэйтс, З.В. Кундцевич, С. У, Ж. П. Палютикоф (ред.), 2008 г.: Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата, Секретариат МГЭИК, Женева, 228 стр.

© Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2008 г.

ISBN: 978-92-9169-423-5

Фотография на обложке: © Simon Fraser/Science Photo Library

Содержание

Предисловие vii
Выражение признательности viii
Резюме **1**
1. Введение к документу по изменению климата и водным ресурсам **5**
1.1 Справочная информация 7
1.2 Сфера охвата 7
1.3 Контекст Технического документа: социально-экономические и экологические условия 8
1.3.1 Наблюдаемые изменения 8
1.3.2 Проекции изменений 10
1.4 План документа 11
2. Наблюдаемые изменения и проекции изменений климата в их связи с водными ресурсами **13**
2.1 Наблюдаемые изменения климата в их связи с водными ресурсами 15
2.1.1 Осадки (включая экстремальные) и водяной пар 15
2.1.2 Снег и материковый лед 19
2.1.3 Уровень моря 21
2.1.4 Эвапотранспирация 21
2.1.5 Почвенная влага 22
2.1.6 Сток и расход воды в реках 22
2.1.7 Проявления крупномасштабной изменчивости 23
2.2 Воздействия гидрологических изменений на климат и их обратные связи 24
2.2.1 Воздействия на земную поверхность 24
2.2.2 Обратные связи вследствие изменений в циркуляции океанов 25
2.2.3 Выбросы и поглотители, подверженные воздействию гидрологических процессов или биогеохимических обратных связей 25
2.3 Проекции изменений климата в их связи с водными ресурсами 25
2.3.1 Осадки (включая экстремальные) и водяной пар 26
2.3.2 Снег и материковый лед 29
2.3.3 Уровень моря 30
2.3.4 Эвапотранспирация 30
2.3.5 Почвенная влага 31
2.3.6 Сток и расход воды в реках 31
2.3.7 Проявления крупномасштабной изменчивости 32
3. Взаимосвязь между изменением климата и водными ресурсами: последствия и реакции **35**
3.1 Наблюдаемые последствия изменения климата 37
3.1.1 Наблюдаемые последствия, вызванные изменениями в криосфере 37
3.1.2 Гидрология и водные ресурсы 37
3.2 Будущие изменения в обеспеченности водой и потребности в ней вследствие изменения климата 41

3.2.1 Связанные с климатом факторы влияния на пресноводные системы в будущем 41
3.2.2 Неклиматические факторы воздействия на пресноводные системы в будущем 47
3.2.3 Последствия изменения климата для на обеспеченности пресной водой в будущем 47
3.2.4 Последствия изменения климата для спроса на пресную воду в будущем 47
3.2.5 Последствия изменения климата для водного стресса в будущем 48
3.2.6 Последствия изменения климата для затрат и других социально-экономических аспектов, связанных с пресной водой 49
3.2.7 Пресноводны районы и секторы, особо уязвимые для изменения климата 51
3.2.8 Неопределенности в проекциях последствий изменения климата для пресноводных систем 51
3.3 Связанная с водными ресурсами адаптация к изменению климата: обзор 52
4. Изменение климата и водные ресурсы в системах и секторах 57
4.1 Экосистемы и биоразнообразие 59
4.1.1 Контекст 59
4.1.2 Проекции изменений в гидрологии и последствия для глобального биоразнообразия 59
4.1.3 Последствия изменений в гидрологии для основных типов экосистем 59
4.2 Сельское хозяйство и продовольственная безопасность, землепользование и лесное хозяйство 63
4.2.1 Контекст 63
4.2.2 Наблюдения 65
4.2.3 Проекции 65
4.2.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие 69
4.3 Здоровье человека 73
4.3.1 Контекст 73
4.3.2 Наблюдения 75
4.3.3 Проекции 75
4.3.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие 76
4.4 Водоснабжение и санитария 76
4.4.1 Контекст 76
4.4.2 Наблюдения 76
4.4.3 Проекции 76
4.4.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие 78
4.5 Населенные пункты и инфраструктура 80
4.5.1 Населенные пункты 80
4.5.2 Инфраструктура 81
4.5.3 Адаптация 82
4.6 Экономика: страхование, туризм, промышленность, транспорт 82
4.6.1 Контекст 82
4.6.2 Социально-экономические затраты, смягчение последствий, адаптация, уязвимость, устойчивое развитие 82
5. Анализ региональных аспектов изменения климата и водных ресурсов 85
5.1 Африка 87
5.1.1 Контекст 87
5.1.2 Текущие наблюдения 88
5.1.3 Проекции изменений 88
5.1.4 Адаптация и уязвимость 90
5.2 Азия 94
5.2.1 Контекст 94

5.2.2 Наблюдаемые последствия изменения климата для водных ресурсов 94
5.2.3 Проекции последствий изменения климата для водных ресурсов и основных факторов уязвимости 96
5.2.4 Адаптация и уязвимость 97
5.3 Австралия и Новая Зеландия 99
5.3.1 Контекст 99
5.3.2 Наблюдаемые изменения 99
5.3.3 Проекции изменений 100
5.3.4 Адаптация и уязвимость 102
5.4 Европа 102
5.4.1 Контекст 102
5.4.2 Наблюдаемые изменения 102
5.4.3 Проекции изменений 103
5.4.4 Адаптация и уязвимость 105
5.5 Латинская Америка 105
5.5.1 Контекст 105
5.5.2 Наблюдаемые изменения 106
5.5.3 Проекции изменений 108
5.5.4 Адаптация и уязвимость 110
5.6 Северная Америка 112
5.6.1 Контекст и наблюдаемые изменения 112
5.6.2 Проекция изменений и последствия 112
5.6.3 Адаптация 115
5.7 Полярные регионы 117
5.7.1 Контекст 117
5.7.2 Наблюдаемые изменения 118
5.7.3 Проекции изменений 118
5.7.4 Адаптация и уязвимость 120
5.8 Малые острова 120
5.8.1 Контекст 120
5.8.2 Наблюдаемые климатические тренды и проекции в островных регионах 121
5.8.3 Адаптация, уязвимость и устойчивость 123
6. Меры по смягчению последствий изменения климата и вода 127
6.1 Введение 129
6.2 Смягчение последствий по секторам 129
6.2.1 Улавливание и хранение двуокиси углерода (УХУ) 129
6.2.2 Биоэнергетические культуры 129
6.2.3 Электричество из биомассы 131
6.2.4 Гидроэлектроэнергия 131
6.2.5 Геотермальная энергия 131
6.2.6 Использование энергии в зданиях 132
6.2.7 Изменения в землепользовании и управление землепользованием 132
6.2.8 Управление пахотными землями (вода) 133
6.2.9 Управление пахотными землями (ограниченная вспашка) 133
6.2.10 Облесение или лесовозобновление 133
6.2.11 Предотвращение/ограничение обезлесения 134
6.2.12 Утилизация твердых отходов; очистка сточных вод 134

6.2.13 Нетрадиционные виды нефти 134
6.3 Воздействие политики и мер по управлению водными ресурсами на выбросы ПГ и смягчение последствий 135
6.3.1 Гидроплотины 135
6.3.2 Орошение 136
6.3.3 Запашка остатков растений 136
6.3.4 Дренаж пахотных земель 136
6.3.5 Очистка сточных вод 136
6.3.6 Опреснение 137
6.3.7 Геотермальная энергия 137
6.4 Потенциальные конфликты в связи с водными ресурсами между адаптацией и смягчением последствий 137
7. Последствия для политики и устойчивого развития 139
7.1 Последствия для политики в разбивке по секторам 141
7.2 Проекции основных последствий, связанных с водными ресурсами, в разбивке по регионам 143
7.3 Последствия для политики смягчения воздействий климата 145
7.4 Последствия для устойчивого развития 145
8. Пробелы в знаниях и предложения по дальнейшей работе 147
8.1 Потребности в наблюдениях 149
8.2 Понимание проекций климата и их последствий 149
8.2.1 Понимание и прогнозирование изменения климата 149
8.2.2 Последствия, связанные с водными ресурсами 150
8.3 Адаптация и смягчение последствий 151
Ссылки 153
Приложение I: Описание климатических моделей 179
Приложение II: Глоссарий 181
Приложение III: Сокращения, химические формулы, единицы измерений 201
Приложение IV: Список авторов 203
Приложение V: Список рецензентов 205
Приложение VI: Разрешения на публикацию 209
Алфавитный указатель 211

Предисловие

Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), посвященный изменению климата и водным ресурсам, является шестым в серии Технических документов МГЭИК. Он был подготовлен в соответствии с предложением Секретариата Всемирной климатической программы – Вода (ВКП-Вода) и Международного руководящего комитета Диалога по воде и климату, выдвинутом на девятнадцатой пленарной сессии МГЭИК, которая проходила в Женеве в апреле 2002 г. В ноябре 2002 г. в Женеве состоялось Консультативное совещание по проблеме изменения климата и водных ресурсов, которое рекомендовало подготовить Технический документ по изменению климата и водным ресурсам вместо подготовки Специального доклада по этой теме. Такой документ в первую очередь должен был основываться на выводах Четвертого доклада МГЭИК об оценке, а также на материале предыдущих публикаций МГЭИК. Группа экспертов также решила, что проблему водных ресурсов следует рассматривать в качестве сквозной темы Четвертого доклада об оценке.

В Техническом документе рассматривается проблема пресной воды. Проблема повышения уровня моря рассматривается лишь в силу того, что оно может привести к последствиям для ресурсов пресной воды в прибрежных районах и за их пределами. Климат, ресурсы пресной воды, биофизические и социально-экономические системы комплексным образом связаны между собой. Поэтому изменение в любой из этих систем может вызвать изменение в любой другой. Вопросы, касающиеся пресной воды, имеют особо важное значение для определения ключевых региональных и секторальных факторов уязвимости. Таким образом, взаимосвязь между изменением климата и ресурсами пресной воды представляет особый интерес для человеческого общества, а также имеет последствия для всех биологических видов.

Бюро трех Рабочих групп МГЭИК отобрали ведущих авторов в состав междисциплинарной группы таким образом, чтобы обеспечить региональный и тематический баланс. Как и все технические документы МГЭИК данный документ также основан на материале предыдущих одобренных/принятых/утвержденных докладов МГЭИК и рецензировался одновременно экспертами и правительствами, после чего последовал окончательный обзор, осуществленный правительствами. Бюро МГЭИК действовало в качестве редакционного совета, чтобы обеспечить надлежащее рассмотрение ведущими авторами полученных замечаний при завершении подготовки Технического документа.

В апреле 2008 г. на своей тридцать седьмой сессии в Будапеште Бюро рассмотрело основные замечания, полученные в ходе окончательного обзора правительствами. С учетом мнений и пожеланий, высказанных членами Бюро, ведущие авторы завершили подготовку Технического документа, после чего Бюро санкционировало его публикацию.

Мы весьма благодарны ведущим авторам (их имена приводятся в Докладе), которые щедро посвятили этому делу свое время и завершили подготовку Технического документа в соответствии с графиком. Мы также хотели бы поблагодарить д-ра Жанну Палютикоф, руководителя Группы технической поддержки Рабочей группы II МГЭИК, за ее умелое руководство в течение всего периода подготовки документа.

Раджендра Пачаури
Председатель МГЭИК

Рената Крист
Секретарь МГЭИК

Освальдо Кансиани
Сопредседатель Рабочей группы II МГЭИК

Мартин Перри
Сопредседатель Рабочей группы II МГЭИК

Выражение признательности

Мы благодарим Группу технической поддержки Рабочей группы II, особенно Нору Притчард и Клэр Хэнсон за их усердную работу во время подготовки этого Технического документа.

Правительство Канады любезно согласилось принять второе совещание ведущих авторов, и мы благодарим Терри Прауза за усердную работу по организации проведения этого совещания в Виктории, Британская Колумбия.

Морис Руз из Департамента водных ресурсов штата Калифорния и Билл Гирлинг из компании «Манитоба гидро» приняли участие во втором совещании ведущих авторов, чтобы дать рекомендации и предложения со стороны пользователей.

Мерилин Андерсон подготовила Алфавитный указатель, а Нэнси Бостон отредактировала текст.

Также благодарим всех авторов, их семьи, учреждения и правительства за то, что сделали возможным появление этого документа.

Брайсон Бэйтс
Збышек Кундцевич
Саохон У
Жанна Палютикоф

23 июня 2008 г.

Изменение климата и водные ресурсы

Этот Технический документ был подготовлен по запросу пленарного заседания МГЭИК в ответ на предложения Всемирной климатической программы – Вода, Диалога по воде, а также других организаций, занимающихся проблемой обеспечения водой. Он готовился под руководством Председателя МГЭИК д-ра Р. К. Пачаури.

Координирующие ведущие авторы
Брайсон Бэйтс (Австралия), Збигнев В. Кундцевич (Польша) и Саохон У (Китай)

Ведущие авторы
Найджел Арнелл (СК), Вирджиния Беркет (США), Петра Долл (Германия), Даниэль Гвари (Нигерия), Клэр Хэнсон (СК), БертЯн Хэй (Нидерланды), Бланка Елена Хименес (Мексика), Георг Казер (Австрия), Акио Кито (Япония), Сари Ковац (СК), Пушпам Кумар (СК), Кристофер Г. Д. Магазда (Зимбабве), Даниэль Мартино (Уругвай), Луи Хосе Мата (Германия/Венесуэла), Махмуд Медани (Египет), Кэтлин Миллер (США), Тайкан Оки (Япония), Балгис Осман (Судан), Жанна Палютикоф (СК), Терри Прауз (Канада), Роджер Пулварти (США/ Тринидад и Тобаго), Йони Райзанен (Финляндия), Джеймс Ренвик (Новая Зеландия), Франческо Никола Тубьелло (США/ИИАСА/Италия), Ричард Вуд (СК) и Цунци Цая (Китай)

Содействующие автры
Джули Арбластер (Австралия), Ричард Беттс (СК), Айгу Даи (США), Кристофер Милли (США), Линда Мортч (Канада), Леонард Нерс (Барбадос), Ричард Пейн (Австралия), Ивона Пинксвар (Польша) и Том Уилбэнкс (США).

Резюме

Данные наблюдений и проекции климата обеспечивают многочисленные свидетельства того, что ресурсы пресной воды являются уязвимыми и имеется потенциальная возможность значительного воздействия на них в результате изменения климата с широкомасштабными последствиями для человеческого общества и экосистем.

Наблюдаемое в течение нескольких лет потепление связывается с изменениями в крупномасштабном гидрологическом цикле, такими как: увеличение содержания водяного пара в атмосфере; изменение режима, интенсивности и экстремальных величин осадков; уменьшение снежного покрова и широкомасштабное таяние льда; и изменения в почвенной влаге и стоке. Для изменений в осадках характерна существенная пространственная и междекадная изменчивость. За 20-е столетие количество осадков, выпавших на поверхность суши, в основном увеличилось в высоких северных широтах, в то время как с 1970-х годов на территории между 10° ю. ш. и 30° с. ш. преобладало уменьшение осадков. Частота сильных осадков (или доля осадков в результате сильных дождей в общем количестве осадков) выросла в большинстве районов (*вероятно*[1]). В глобальном масштабе, площадь суши, которая классифицируется как очень сухая, с 1970-х годов увеличилась более чем вдвое (*вероятно*). Значительно уменьшились запасы воды в горных ледниках и снежном покрове Северного полушария. Наблюдались сдвиги в объеме и сроках стока в реках ледникового и снегового питания, и ледовых явлениях в реках и озерах (*высокая степень достоверности*). [2.1][2].

Построения моделей климата для XXI века согласуются между собой в прогнозировании увеличения осадков в высоких широтах (*весьма вероятно*) и в некоторых частях тропиков, и уменьшения в некоторых субтропических и более низких среднеширотных регионах (*вероятно*). За пределами этих регионов знак и порядок величины прогнозируемых изменений варьируются в зависимости от модели, что ведет к значительной неопределенности в проекциях осадков[3]. Таким образом, проекции будущих изменений осадков для одних районов более надежны, чем для других. По мере уменьшения пространственных масштабов проекции, полученные на основе разных моделей, меньше согласуются друг с другом. [2.3.1]

К середине XXI века, по прогнозам, среднегодовой сток рек и обеспеченность водой увеличатся в результате изменения климата[4] в высоких широтах и в некоторых влажных тропических районах, и сократятся в некоторых сухих районах в средних широтах и в сухих тропических районах[5]. Многие полузасушливые и засушливые районы (например, Средиземноморский бассейн, западная часть США, южные районы Африки и северо-восточная часть Бразилии) особенно подвержены воздействию изменения климата и по прогнозам будут страдать от сокращения водных ресурсов вследствие изменения климата (*высокая степень достоверности*). [2.3.6]

Прогнозируется, что увеличение интенсивности и изменчивости осадков повысит риск наводнения и засухи во многих районах. Частота сильных осадков (или доля осадков в результате сильных дождей в общем количестве осадков) весьма вероятно возрастет во многих районах в течение XXI века, что повлечет за собой риск наводнений, вызванных дождями. В то же время прогнозируется, что часть поверхности суши, на которой в любое время может начаться экстремальная засуха, увеличится *(вероятно)* помимо усиления тенденции к обезвоживанию в летний период во внутриконтинентальных районах, особенно в субтропиках, низких и средних широтах [2.3.1, 3.2.1]

В течение столетия запасы воды, хранящейся в ледниках и снежном покрове, по прогнозам, уменьшатся, снижая, таким образом, обеспеченность водой во время теплых и сухих периодов (за счет сезонного сдвига в объеме речного стока, повышения отношения объема зимнего стока к годовому и сокращения объема низкого стока) в регионах, снабжаемых талой водой с основных горных хребтов, где сейчас проживает более одной шестой части населения Земли *(высокая степень достоверности).* [2.1.2, 2.3.2, 2.3.6]

Ожидается, что повышение температуры воды и изменения в экстремальных явлениях, включая наводнения и засухи, окажет негативное воздействие на качество воды и усугубит ее загрязнение во многих формах (по причине наносов, питательных веществ, растворенного органического углерода, патогенов, пестицидов, соли и теплового загрязнения) с возможными негативными последствиями для экосистем, здоровья человека, надежности систем водоснабжения и эксплуатационных расходов на эти системы *(высокая степень достоверности).* Повышение уровня моря расширит площадь засоления грунтовых вод и устьев рек, что приведет к снижению обеспеченности водой людей и экосистем в прибрежных районах [3.2.1.4, 4.4.3]

В глобальном масштабе отрицательные последствия изменения климата для пресноводных систем перевешивают выгоды от этого изменения *(высокая степень достоверности).* По прогнозам, к 2050 г. площадь суши, подверженная растущему водному стрессу, будет более чем в два раза превышать площадь с ослабевающим водным стрессом. Районы, в которых сток, согласно проекциям, уменьшается, столкнутся с очевидным снижением ценности услуг, предоставляемых на основе использования водных ресурсов. Увеличение объема годового стока в некоторых районах приведет к увеличению общего количества подаваемой воды. Однако во многих районах такие благоприятные последствия будут уравновешиваться отрицательными последствиями

[1] См. вставку 1.1.
[2] Цифры в квадратных скобках указывают разделы основной части Технического документа.
[3] Рассматриваемые проекции основаны на наборе не связанных со смягчением последствий сценариев, разработанных в Специальном докладе МГЭИК о сценариях выбросов (СДСВ).
[4] Это утверждение не учитывает изменения неклиматических факторов, таких, как орошение.
[5] Эти проекции основаны на данных ансамбля климатических моделей с использованием не связанного со смягчением последствий среднесрочного сценария A1B СДСВ. Рассмотрение ряда реакций климата по сценариям СДСВ в середине XXI века предполагает, что это заключение применимо для широкого набора сценариев.

усиления изменчивости осадков и сезонных сдвигов стока для водоснабжения, качества воды и рисков наводнений *(высокая степень вероятности)*. [3.2.5]

Согласно проекциям изменения в количестве и качестве воды, вызванные изменением климата, окажут негативное влияние на обеспеченность продовольствием, продовольственную стабильность, доступ к продовольствию и его использование. Ожидается, что это приведет к снижению продовольственной безопасности и росту уязвимости для бедных сельских фермеров в засушливых и полузасушливых районах тропиков и мегадельтах азиатских и африканских рек. [4.2]

Изменение климата влияет на функционирование и эксплуатацию существующей водной инфраструктуры, включая гидроэнергетику, сооружения для защиты от наводнений, дренажные и оросительные системы, а также на методы управления водным хозяйством. Отрицательное воздействие климата на пресноводные системы усугубляет последствия других стрессов, таких, как рост населения, изменения в экономической деятельности, изменения в землепользовании и урбанизация *(очень высокая степень достоверности)*. В глобальном масштабе потребность в воде в последующие десятилетия возрастет прежде всего из-за роста населения и повышения уровня доходов. В региональном аспекте ожидаются большие изменения в потребности в воде для орошения в результате изменения климата *(высокая степень достоверности)*. [1.3, 4.4, 4.5, 4.6]

Существующие методы управления водным хозяйством могут оказаться недостаточно приспособленными, чтобы преодолеть последствия изменения климата для надежности водоснабжения, риска наводнений, здоровья, энергетики и водных экосистем. Во многих местах методы управления водным хозяйством не позволяют адекватно справиться даже с сегодняшней изменчивостью климата, что приводит к крупному ущербу от наводнений и засухи. В качестве первого шага более эффективное использование информации о текущей изменчивости климата в управлении водными ресурсами облегчит адаптацию к долгосрочным последствиям изменения климата. Климатические и неклиматические факторы, такие, как рост населения и возможность причинения ущерба, усугубят проблемы в будущем *(очень высокая степень достоверности)*. [3.3]

Изменение климата подвергает сомнению традиционное предположение о том, что прошлый опыт в области гидрологии обеспечит хорошее руководство для работы в будущих условиях. Последствия изменения климата могут повлиять на надежность существующих систем управления водным хозяйством и связанной с водными ресурсами инфраструктуры. Несмотря на то, что количественные проекции изменений в количестве осадков, объеме речного стока и уровне воды в масштабах речных бассейнов остаются неопределенными, *весьма вероятно*, что гидрологические характеристики в будущем изменятся. В некоторых странах и регионах разрабатываются процедуры адаптации и методы управления рисками, в которых учтены прогнозируемые гидрологические изменения и связанные с ними неопределенности. [3.3]

Варианты адаптации, предназначенные для обеспечения водоснабжения в усредненных условиях и в условиях засухи, требуют разработки комплексных ориентированных на спрос и предложение стратегий. Первые помогают повысить эффективность водопользования, например посредством повторного использования воды. Расширенное использование экономических стимулов, включая учет расходования воды и установление цены на воду, чтобы содействовать сохранению водных ресурсов, развитию рынков воды и торговле виртуальной водой, обещает значительные перспективы для экономии воды и перераспределения воды для дорогостоящих видов водопользования. Стратегии, ориентированные на предложение, как правило, предполагают увеличение полезного объема водохранилищ, забора воды из водотоков и переброски воды. Комплексное управление водными ресурсами обеспечивает важные рамки для осуществления мер по адаптации во всех социально-экономических, природоохранных и административных системах. Чтобы комплексные подходы были эффективными, их следует осуществлять в соответствующих масштабах. [3.3]

Меры по смягчению последствий могут уменьшить масштаб последствий глобального потепления для водных ресурсов, что в свою очередь сократит потребности в адаптации. Однако, они могут иметь значительные негативные побочные эффекты, такие, как увеличение потребностей в воде для деятельности по облесению/ лесовозобновлению или выращиванию биоэнергетических культур, если водохозяйственные системы размещены, спроектированы и управляются нерационально. С другой стороны, меры в области политики по управлению водными ресурсами, например использование гидроплотин, могут влиять на выбросы парниковых газов. Гидроплотины являются источником возобновляемой энергии. Однако, они сами производят выбросы парниковых газов. Величина этих выбросов зависит от конкретных условий и режима работы. [Раздел 6]

Управление водными ресурсами оказывает очевидное влияние на многие другие сферы политики, например энергетику, охрану здоровье, продовольственную безопасность и сохранение природы. Таким образом, для разных водозависимых секторов необходимо провести оценку вариантов адаптации и смягчения последствий. Страны и регионы с низким уровнем доходов, вероятно, будут продолжать оставаться уязвимыми в среднесрочной перспективе и иметь меньше вариантов для адаптации к изменению климата, чем страны с высоким уровнем доходов. Следовательно, стратегии адаптации следует разрабатывать в контексте политики в области развития, окружающей среды и охраны здоровья. [Раздел 7]

Имеется ряд пробелов в знаниях в плане необходимых наблюдений и научных исследований, связанных с изменением климата и водой. Наличие данных наблюдений и доступа к ним является необходимым предварительным условием для осуществления адаптивного управления, тем не менее многие сети наблюдений сокращаются. Имеется необходимость в улучшении понимания и моделирования изменений климата в их связи с гидрологическим циклом в масштабах, соответствующих принимаемым решениям. Информации о связанных с водными ресурсами последствиях изменения климата недостаточно и особенно это касается качества воды, водных экосистем и грунтовых вод, включая социально-экономические аспекты этих последствий. Наконец, имеющиеся средства для облегчения проведения комплексных оценок вариантов адаптации и смягчения последствий для разных водозависимых секторов являются недостаточными. [Раздел 8]

1

Введение к документу по изменению климата и водным ресурсам

1.1 Справочная информация

Идея о подготовке специальной публикации МГЭИК, посвященной водным ресурсам и изменению климата, восходит к девятнадцатой сессии МГЭИК, состоявшейся в Женеве в апреле 2002 г., когда Секретариат Всемирной климатической программы – Вода (ВКП-Вода) и Международный руководящий комитет Диалога по воде и климату обратились к МГЭИК с просьбой о подготовке Специального доклада по проблемам воды и климата. Консультативное совещание по проблеме изменения климата и водных ресурсов, состоявшееся в Женеве в ноябре 2002 г., пришло к заключению о том, что выпуск такого доклада в 2005 г. или 2006 г. будет иметь мало пользы, так скоро как должен был появиться Четвертый доклад об оценке (ДО4), подготовку которого планировалось завершить в 2007 г. Вместо Специального доклада совещание рекомендовало подготовить Технический документ по изменению климата и водным ресурсам, который в первую очередь будет основываться на ДО4, но также включать материал из предыдущих публикаций МГЭИК.

Бюро трех Рабочих групп МГЭИК отобрали авторов в состав междисциплинарной группы таким образом, чтобы обеспечить региональный и тематический баланс и чтобы были представлены различные соответствующие дисциплины. В подготовке этого Технического документа и в связанном с ним процессе рецензирования участвовали учреждения Организации Объединенных Наций (ООН), неправительственные организации (НПО) и представители соответствующих заинтересованных сторон, включая частный сектор.

В соответствии с руководящими принципами МГЭИК технические документы должны основываться на:

(a) тексте Докладов об оценках и Специальных докладов МГЭИК и на материале из цитируемых исследований, на которые эти доклады опираются;
(b) соответствующих моделях с их допущениями и сценариях, базирующихся на социально-экономических предположениях, использованных в этих докладах МГЭИК в качестве исходной информации.

В данном Техническом документе указанные руководящие принципы соблюдены.

1.2 Сфера охвата

В Техническом документе рассматриваются только проблемы пресной воды. Проблема повышения уровня моря рассматривается лишь в силу того, что оно может привести к последствиям для ресурсов пресной воды в прибрежных районах; например засолению грунтовых вод. С учетом темы, которая находится в центре внимания в литературе, в документе речь идет в основном об изменении климата на протяжении XXI века, однако при этом признается, что даже если концентрации парниковых газов в атмосфере стабилизируются, потепление и повышение уровня моря будут продолжаться в течение столетий. [РГI, РП]

Важность пресной воды для системы нашего жизнеобеспечения широко признана, как это можно ясно видеть из международного контекста (например, Повестка дня на XXI век, Всемирные форумы по водным проблемам, Оценка экосистем на пороге тысячелетия и Доклад о развитии мировых водных ресурсов). Пресная вода необходима для всех форм жизни и требуется в больших количествах почти для всех видов деятельности человека. Климат, пресная вода, биофизические и социально-экономические системы комплексным образом связаны между собой. Поэтому, изменение в любой из этих систем может вызвать изменение в другой. Антропогенное изменение климата создает большие дополнительные затруднения для стран, которые уже сталкиваются с проблемой устойчивого использования ресурсов пресной воды. С пресной водой связаны следующие проблемы: избыток воды, недостаток воды и чрезмерное ее загрязнение. Каждая из этих проблем может обостриться под воздействием изменения климата. Факторы, связанные с пресной водой, играют основополагающую роль среди ключевых региональных и секторальных факторов уязвимости. Таким образом, взаимосвязь между изменением климата и ресурсами пресной воды вызывает особую озабоченность и интерес.

До сих пор проблемы водных ресурсов не рассматривались надлежащим образом при анализе изменения климата и формулировании политики в области климата. Аналогично, в большинстве случаев проблемы изменения климата не рассматривались надлежащим образом при анализе водных ресурсов, управлении ими и формулировании соответствующей политики. По мнению многих экспертов, вода, обеспеченность водой и качество воды будут основными затруднениями и задачами для общества в условиях изменения климата; следовательно, необходимо улучшать наше понимание связанных с этим проблем.

Задачи настоящего Технического документа, сформулированные в документе МГЭИК IPCC-XXI/Doc. 9[6], представлены в обобщенном виде ниже:

- улучшать понимание взаимосвязей между естественным и вызванным деятельностью человека изменением климата, его последствиями и вариантами адаптации и смягчения последствий, с одной стороны, и проблемами, связанными с водными ресурсами, с другой стороны;
- информировать лиц, определяющих политику, и заинтересованные стороны о последствиях изменения климата и вариантах реагирования на изменение климата для водных ресурсов, а также о последствиях для водных ресурсов различных сценариев изменения климата и вариантов реагирования на изменение климата, включая связанные с этим синергизм и компромиссы.

Сфера охвата настоящего Технического документа, определенная в документе МГЭИК IPCC-XXI/Doc. 9, включает оценку последствий изменения климата для гидрологических процессов и режимов, а также для ресурсов пресной воды – их наличия, качества, видов использования и управления ими. В Техническом документе приняты во внимание текущие и прогнозируемые ключевые факторы региональной уязвимости и перспективы для адаптации.

[6] 'Scoping Paper for a possible Technical Paper on Climate Change and Water. Имеется по адресу: http://www.ipcc.ch/meetings/session21.htm.

Технический документ предназначен в первую очередь для лиц, определяющих политику, которые вовлечены во все сферы, касающиеся управления ресурсами пресной воды, изменения климата, стратегических исследований, территориального планирования и социально-экономического развития. В то же время он предназначен также и для научной общественности, работающей по проблематике исследования изменения климата и водных ресурсов, и более широкой аудитории, включая НПО и средства массовой информации.

Поскольку материал по проблеме водных ресурсов и изменения климата разбросан по всем разделам Четвертого доклада об оценке и Обобщенного доклада МГЭИК, то полезно иметь компактную и всеобъемлющую публикацию, сконцентрированную на этой теме. По мере необходимости в Техническом документе также приводятся ссылки на предыдущие доклады об оценке и специальные доклады МГЭИК. Дополнительные преимущества настоящего Технического документа состоят в том, что соответствующие материалы в нем классифицированы, расположены в порядке приоритетности, обобщены и интерпретированы.

Текст в настоящем Техническом документе строго соответствует тексту исходных докладов МГЭИК. Он отражает сбалансированность и объективность этих докладов, а там, где текст отличается, преследуется цель поддержать и/или пояснить далее заключения, сделанные в докладах. Каждый основной пункт содержит ссылку на доклад МГЭИК. Источник приводится в квадратных скобках, как правило, в конце пункта (за исключением случаев, когда части пункта имеют в качестве источника несколько документов МГЭИК, в таком случае соответствующий источник МГЭИК указывается после соответствующей строки). Используются следующие условные обозначения.

- Четвертый доклад об оценке (ДО4) является наиболее часто цитируемой публикацией МГЭИК, и ссылка на него может быть дана, например, в следующем виде [РГII, 3.5], что означает ДО4, Рабочая группа II, часть 3, раздел 3.5. См. МГЭИК (2007a, b, c, d).
- Если материал взят из других источников МГЭИК, используются следующие сокращения: ТДО (Третий доклад об оценках: МГЭИК, 2001 г., a, b, c); СДПИКР (Специальный доклад о последствиях изменения климата для регионов: Уотсон и др., 1997 г.), СД-ЗИЗЛХ (Специальный доклад по землепользованию, изменениям в землепользовании и лесному хозяйству: МКЭИК, 2000 г.), СДСВ (Специальный доклад о сценариях выбросов: Накиченович и Суарт, 2000 г.); ИКБ (Technical Paper V – Climate Change and Biodiversity) (Технический документ V – Изменение климата и биоразнообразие): Gitay et al., 2002) и СДУХУ (Специальный доклад об улавливании и хранении двуокиси углерода: Метц и др., 2005 г.). Таким образом [РГII, ТДО, 5.8.3] означает Рабочая группа II, Третий доклад об оценках, раздел 5.8.3.
- Дополнительно употребляются следующие сокращения источников: Р (Резюме), РП (Резюме для политиков), ТР (Техническое резюме) и ОД (Обобщенный доклад), и все они относятся к ДО4, если не указано иное.

Ссылки на оригинальные источники (журналы, книги и отчеты) приводятся после соответствующего предложения в круглых скобках.

1.3 Контекст Технического документа: социально-экономические и экологические условия

В настоящем Техническом документе исследуются взаимосвязи между изменением климата и ресурсами пресной воды, описанные в Докладах об оценке и Специальных докладах МГЭИК. Эти взаимосвязи существуют не изолированно, а в контексте и во взаимодействии с социально-экономическими и экологическими условиями. В данном разделе описаны основные особенности этих условий как наблюдаемые, так и прогнозируемые, в их связи с пресной водой.

На ресурсы пресной воды во всех масштабах, включая глобальный, оказывают влиянии многие неклиматические факторы (ООН, 2003 г.). Особо важное влияние на водные ресурсы с точки зрения как качества, так и количества, оказывает деятельность человека, включая сельское хозяйство, изменения в землепользовании, строительство водохранилищ и регулирование их работы, выбросы загрязняющих веществ, обработку воды и очистку сточных вод. Водопользование связано, в первую очередь с изменениями численности населения, потреблением продовольствия (включая типы пищевого рациона), экономической политикой (включая установление цены на воду), технологией, образом жизни[7] и мнением общества о ценности пресноводных экосистем. Для оценки взаимосвязи между изменением климата и ресурсами пресной воды, необходимо рассмотреть вопрос о том, как на ресурсы пресной воды влияли и будут влиять эти неклиматические факторы. [РГII, 3.3.2]

1.3.1 Наблюдаемые изменения

При оценках в глобальном масштабе бассейны классифицируются как подвергающиеся водному стрессу[8], если либо обеспеченность водой на душу населения в этих бассейнах ниже 1000 м^3 в год (на основе долгосрочных показателей среднегодового стока), либо соотношение забора воды к объему долгосрочного среднегодового стока выше 0,4. Количество воды менее 1000 м^3 воды на душу населения в год – это, как правило, больше, чем требуется для коммунально-бытового, промышленного и сельскохозяйственного использования. Такие бассейны, характеризуемые водным стрессом, находятся в северной части Африки, в Средиземноморье, на Среднем и Ближнем Востоке, в южной части Азии, северной части Китая, Австралии, США, Мексике, северо-восточной части Бразилии и на западном побережье Южной Америки (рис. 1.1). По оценкам, численность населения, живущего в этих бассейнах, варьируется от 1,4 до 2,1 млрд человек. (Vorosmarty et al., 2000; Alcamo et al., 2003a, b; Oki et al., 2003; Arnell, 2004). [РГII, 3.2]

[7] В данном контексте имеется ввиду появление бытовых приборов, использующих воду, таких как посудомоечные и стиральные машины, машины для поливки газонов и т.д.
[8] Водный стресс - это понятие, используемое для описания подверженности людей риску нехватки воды.

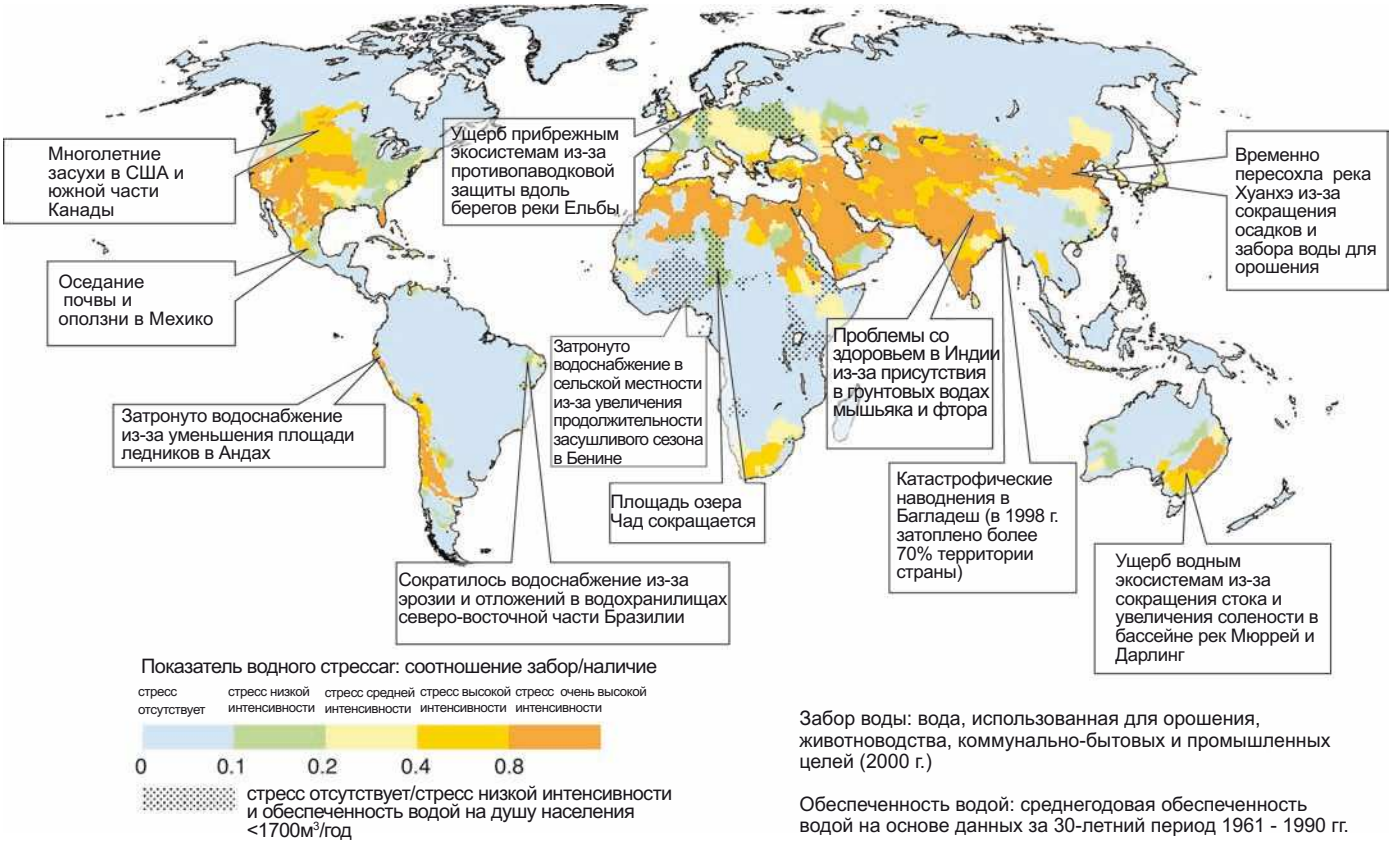


Рис. 1.1: *Примеры сегодняшней уязвимости ресурсов пресной воды и управления ими; на заднем плане показана карта водного стресса, составленная на основе WaterGAP (Alcamo et al, 2003a). Смотри текст для описания связи с изменением климата. [РГII, рис. 3.2]*

Использование воды, в частности для орошения, как правило, увеличивается с ростом температуры и уменьшается при выпадении осадков; однако данные, необходимые для определения связанного с климатом долгосрочного тренда использования воды в прошлом, отсутствуют. Это частично объясняется тем, что, в основном, водопользование обуславливается неклиматическими факторами, а также низким качеством данных о водопользовании в целом, и временных рядов данных, в частности. [РГ II, 3.2]

Обеспеченность водой за счет поверхностных вод и неглубоко залегающих грунтовых вод зависит от сезонных колебаний и межгодовой изменчивости стока, а надежное водоснабжение определяется сезонными объемами низкого стока. В бассейнах с преобладающим снежным питанием более высокие температуры ведут к уменьшению стока и, таким образом, к сокращению водоснабжения летом. (Барнетт и др., 2005 г.). [РГII, 3.2]

В районах, подверженных водному стрессу, люди и экосистемы особенно уязвимы к уменьшению количества и большей изменчивости осадков вследствие изменения климата. Примеры приведены в разделе 5.

В большинстве стран, за исключением нескольких промышленно развитых государств, в последние десятилетия использование воды увеличилось в связи с демографическим и экономическим ростом, изменениями в образе жизни и расширением систем водоснабжения, при этом самой важной причиной этого увеличения, безусловно, является использование воды для орошения. На орошение приходится около 70 % общего забора воды во всем мире и более 90% количества воды, потребляемого безвозвратно (т.е. количества воды, которое не может быть повторно использовано ниже по течению). [РГII, 3.2]. За счет орошения вырабатывается 40% от общего объема сельскохозяйственной продукции. (Фишер и др., 2006 г.). С 1960-х годов площадь орошаемых земель во всем мире увеличивалась линейно приблизительно на *2% в год*, а именно со 140 млн га в 1961-1963 гг. до 270 млн га в 1997-1999 гг., и сегодня занимает около 18% всех обрабатываемых земель (Bruinsma, 2003).

Несмотря на то, что показатели изменения численности населения в регионах значительно отличаются от глобального показателя, темпы роста всего населения уже замедляются. Использование воды в глобальном масштабе вероятно увеличивается из-за экономического роста в развивающихся странах, но надежные данные о показателе этого увеличения отсутствуют. [РГII, 3.2, 5.3]

Качество поверхностных и грунтовых вод в целом снизилось в последние десятилетия главным образом из-за роста сельскохозяйственной и промышленной деятельности (ООН, 2006 г.). Чтобы справиться с этой проблемой, многие страны (например, Европейский Союз и Канада) разработали или ввели в действие нормативные требования в отношении сточных вод и реконструировали водоочистные сооружения (ГЕО-3, 2003 г.). [РГII, 3.3.2, табл. 8.1]

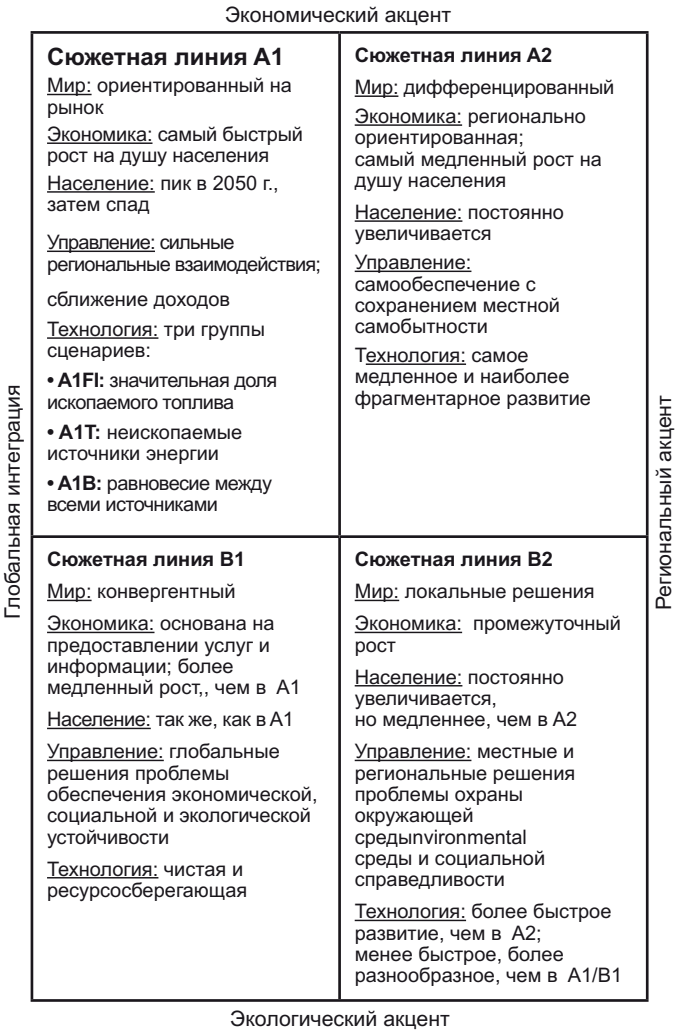


Рис. 1.2: *Краткие характеристики четырех сюжетных линий СДСВ (на основе документа Накиченовича и Суарта, 2000 г.). [РГII, рис. 2.5]*

1.3.2 Проекции изменений

1.3.2.1 Справочная информация общего характера

В рамках четырех сюжетных линий СДСВ (Специальный доклад о сценариях выбросов: Накиченович и Суарт, 2000 г.), которые формируют основу для многих исследований проекций изменения климата и водных ресурсов, рассматривается ряд возможных изменений численности населения и экономической активности на протяжении XXI века (см. рис. 1.2).

По сценариям, которые предполагают, что в мировой экономике будет доминировать глобальная торговля и объединения (A1 и B1), ожидается, что численность населения планеты вырастет с 6,6 млрд человек, живущих сегодня, до максимального показателя в 8,7 млрд человек в 2050 г., в то время, как по сценариям, предполагающим меньшую степень глобализации и сотрудничества (A2 и B2), ожидается, что численность населения будет расти до 2100 г., и достигнет к концу столетия 10,4 млрд человек (B2) и 15 млрд человек (A2). В целом все сценарии СДСВ показывают общество с более высоким уровнем доходов, чем сегодня, при этом совокупный мировой валовой национальный продукт (ВНП) вырастет к 2100 г. в 10-26 раз по сравнению с сегодняшним уровнем. Все сценарии предполагают сокращение различий в уровне доходов между разными регионами, при этом технология будет такой же важной движущей силой, как и демографические изменения и экономическое развитие. [СДСВ, РП]

1.3.2.2 Водные ресурсы

Особый интерес для проекций водных ресурсов, с учетом или без учета изменения климата, вызывают возможные изменения в строительстве и выводе из эксплуатации плотин, инфраструктуре водоснабжения, очистке и повторном использовании сточных вод, опреснении, выбросах загрязняющих веществ и землепользовании, особенно в области орошения. Независимо от изменения климата ожидается, что новые плотины будут построены в развивающихся странах для выработки гидроэнергии, а также для водоснабжения, несмотря на то, что их количество, *вероятно,* будет небольшим по сравнению с 45 000 крупных плотин, которые существуют сегодня. Однако, последствия возможного увеличения в будущем спроса на гидроэнергию не учитывались (Всемирная комиссия по плотинам, 2000 г.; Scudder, 2005). В развитых странах число плотин *весьма вероятно* останется стабильным, а некоторые плотины будут выведены из эксплуатации. С увеличением временной изменчивости стока вследствие изменения климата увеличение запасов воды, обеспечиваемых плотинами, может быть полезно, особенно там, где объем годового стока не уменьшится значительно. Учет экологических требований к регулированию стока может привести к дальнейшему изменению режима работы водохранилищ с тем, чтобы можно было бы ограничить использование человеком водных ресурсов. Усилия, направленные на достижение Целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия (МДГ, см. табл. 7), должны привести к улучшению источников воды и санитарии. В будущем повторное использование сточных вод и опреснение, возможно, станут важными источниками водоснабжения в полузасушливых и засушливых районах. Однако, имеется ряд неразрешенных проблем, касающихся последствий использования этих источников для окружающей среды, включая проблемы, связанные с высоким уровнем потребления энергии для опреснения. В первую очередь необходимо рассматривать другие варианты, такие как эффективная политика в области установления цены на воду и стратегии экономически эффективного управления спросом на нее. [РГ II, 3.3.2, 3.4.1, 3.7]

В будущем, как в развитых, так и в развивающихся странах ожидается увеличение объема очистки сточных вод, но сброс биогенных веществ, тяжелых металлов и органических веществ из точечных источников, *вероятно*, увеличится в развивающихся странах. Как в развитых, так и в развивающихся странах выброс загрязняющих микроорганизмов, (например, эндокринных веществ) в поверхностные и грунтовые воды может усилиться, учитывая, что производство и потребление химикатов, за исключением нескольких высокотоксичных веществ, *вероятно*, увеличится. Удаление некоторых из этих загрязнителей не обеспечивается с помощью сегодняшней технологии очистки сточных вод. Изменение качества

воды может быть вызвано воздействием повышения уровня моря на работы по отводу ливневых вод и сбросу сточных вод в прибрежных районах. [РГII, 3.2.2, 3.4.4]

Рассеянные выбросы биогенных веществ и пестицидов в результате сельскохозяйственной деятельности, *вероятно*, будут по-прежнему иметь важное значение в развитых странах и, *весьма вероятно*, увеличатся в развивающихся странах, создавая, таким образом, серьезную угрозу для качества воды. Согласно четырем сценариям Оценки экосистем на пороге тысячелетия (2005a) ('Global orchestration' (Глобальное взаимодействие), 'Order from strength' (Порядок благодаря силе), 'Adapting mosaic' (Адаптирующаяся мозаика) and 'TechnoGarden' (ТехноПарк)), использование азотных удобрений в глобальном масштабе достигнет к 2050 г. 110-140 млн т, в сравнении с 90 млн т в 2000 г.. Согласно трем из этих сценариев к 2050 г. увеличится перенос азота в реках, а по сценарию 'TechnoGarden' он сократится (также как и по сценарию Bl СДСВ МГЭИК) (2005b). [РГII 3.3.2]

К числу наиболее важных определяющих факторов водопотребления относятся рост численности населения и экономическое развития, а также меняющееся общественное мнение относительно ценности воды. Последний фактор предполагает, что предпочтение отдается потреблению воды для коммунально-бытовых и промышленных целей, а не ее использованию для орошения, и что вода используется эффективно, включая расширенное применение водосберегающих технологий и установление цены на воду. По всем четырем сценариям Оценки экосистем на пороге тысячелетия коммунально-бытовое водопотребление на душу населения в 2050 г. будет приблизительно одинаковым во всех регионах мира и составит около 100 $м^3$/год, т.е. будет равно среднему показателю для Европы в 2000 г. (Оценка экосистем на пороге тысячелетия, 2005a). [РГII, 3.3.2]

Доминирующими несвязанными с изменением климата факторами будущего использования воды для орошения являются: размер орошаемой площади, вид сельскохозяйственных культур, интенсивность земледелия и эффективность использования воды для орошения. В соответствии с проекциями ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), развивающиеся страны, на долю которых приходится 75% всех орошаемых земель, будут, *вероятно*, увеличивать площадь своих орошаемых земель на 0,6% в год в период до 2030 г., при этом за счет интенсивности земледелия на орошаемых землях показатель урожайности возрастет с 1, 27 до 1, 41 в год, а эффективность использования воды для орошения повысится незначительно (Bruinsma, 2003). Эти оценки не учитываю изменение климата, так как оно, по мнению Bruinsma не окажет влияния на сельское хозяйство в период до 2030 г. В основном увеличение орошаемой площади произойдет в районах, уже подверженных водному стрессу, таких как южная часть Азии, северная часть Китая, Ближний Восток и северная часть Африки. Однако, по всем четырем сценарием Оценки экосистем на пороге тысячелетия предполагается, что орошаемая площадь увеличится намного меньше, при этом в глобальном масштабе до 2050 г. показатель ее расширения составит всего 0-0,18% в год. После 2050 г. по всем сценариям, кроме 'Global orchestration' (так же как и по сценарию A1 СДСВ МГЭИК), предполагается, что размер орошаемой площади стабилизируется, или немного сократится (Оценки экосистем на пороге тысячелетия, 2005a). В рамках другого исследования с использованием пересмотренного сценария населения A2 и долгосрочных проекций ФАО прогнозируется увеличение в глобальном масштабе орошаемой площади более чем на 40% к 2080г., при этом в основном это коснется южной части Азии, Африки и Латинской Америки, где средний рост составит 0,4% в год. (Фишер и др., 2006 г.). [РГII, 3.3.2]

1.4 План документа

Настоящий Технический документ состоит из восьми разделов. После введения к нему (раздел 1), следует раздел 2, который основан главным образом на оценках Рабочей группы I и в котором рассматриваются научные аспекты изменения климата, как наблюдаемого, так и прогнозируемого, в его связи с гидрологическими переменными. Раздел 3 содержит общий обзор наблюдаемых и прогнозируемых последствий изменения климата, связанных с водными ресурсами, и возможные стратегии адаптации, сформулированные главным образом на основе оценок Рабочей группы II. Затем в разделе 4 подробно рассматриваются системы и сектора, а в разделе 5 анализируется региональный подход. Раздел 6, основанный на оценках Рабочей группы III, охватывает связанные с водными ресурсами аспекты смягчения последствий. В разделе 7 рассматриваются последствия изменения климата для политики и устойчивого развития, а затем следует последний раздел (раздел 8), посвященный пробелам в знаниях и предложениям по дальнейшей работе. В Техническом документе используется стандартная терминология по неопределенности, употребляемая в Четвертом докладе об оценке (см. вставку 1.1).

Вставка 1.1: Неопределенности в современных знаниях: их трактовка в Техническом документе [ОД]

Руководящие указания МГЭИК по оценке неопределенностей[9] определяют основу для трактовки неопределенностей в документах всех рабочих групп (РГ) и в настоящем Техническом документе. Эта основа носит широкий характер, поскольку РГ оценивают материал по различным дисциплинам и охватывают разнообразные подходы к трактовке неопределенности, которые можно найти в литературе. Характер данных, показатели и анализы, используемые в естественных науках, как правило отличаются от используемых при оценке технологического развития или в общественных науках. РГ I концентрирует внимание на первом, РГ III — на втором, а РГ II охватывает все аспекты того и другого.

Для описания неопределенностей применяются три разных подхода, причем каждый сформулирован по-особому. Выбор между этими тремя подходами и в их рамках зависит, как от характера имеющейся информации, так и от экспертного суждения авторов относительно корректности и полноты научного понимания на современном этапе.

В тех случаях, когда неопределенность оценивается в качественном выражении, она характеризуется посредством относительного значения количества и качества доказательств (т.е. информации из теории, наблюдений или моделей, указывающей на то, является ли убеждение или предположение истинным или достоверным), и степенью согласия (т. е. степенью совпадения мнений в литературе по конкретному выводу). Этот подход используется РГ III с помощью ряда не требующих объяснения терминов, таких как: *высокая степень согласия, много доказательств; высокая степень согласия, средний объем доказательств; средняя степень согласия, средний объем доказательств; и т. д.*

В тех случаях, когда неопределенность оценивается в первую очередь в количественных показателях с использованием экспертного суждения о корректности основополагающих данных, моделей или анализов, применяется следующая шкала степени достоверности для выражения оцененной возможности того, что вывод является правильным. *Очень высокая степень достоверности* — минимум 9 из 10; *высокая степень достоверности* — 8 из 10; *средняя степень достоверности* — около 5 из 10; *низкая степень достоверности* — около 2 из 10; и *очень низкая степень достоверности* — менее 1 из 10.

В тех случаях, когда неопределенность в конкретных результатах оценивается на основе экспертного суждения и статистического анализа совокупности доказательств (например данных наблюдений или результатов моделирования), применяются следующие диапазоны вероятности для выражения оцененной вероятности наступления события: *фактически > 99 %; крайне вероятно> 95 %; весьма вероятно > 90 %; вероятно > 66 %; скорее вероятно, чем нет > 50 %; почти также вероятно, как и нет 33-66 %; маловероятно < 33 %; весьма маловероятно < 10 %; крайне маловероятно < 5 %; исключительно маловероятно < 1 %.*

РГ II использовала сочетание оценок достоверности и вероятности, а РГ I преимущественно пользовалась оценками вероятности.

В данном Техническом документе придерживаются оценки неопределенности, используемой в исходных докладах РГ. В тех случаях, когда обобщенные выводы основываются на информации из докладов нескольких РГ, используемое описание неопределенности согласуется с тем, которое применялось для компонентов, взятых из соответствующих докладов.

[9] См. http://www.ipcc.ch/meetings/ar4-workshops-express-meetings/uncertainty-guidance-note.pdf.

2

Наблюдаемые изменения и проекции изменений климата в их связи с водными ресурсами

Вода присутствует во всех компонентах климатической системы (атмосфера, гидросфера, криосфера, поверхность суши и биосфера). Таким образом, изменение климата воздействует на водные ресурсы посредством ряда механизмов. В этом разделе обсуждаются наблюдения недавних изменений в связанных с водой переменных и проекции будущих изменений.

2.1 Наблюдаемые изменения климата в их связи с водными ресурсами

Гидрологический цикл неразрывно связан с изменениями в температуре и радиационном балансе атмосферы. Потепление климатической системы в последние десятилетия является неоспоримым фактом, что в настоящее время очевидно из наблюдений за повышением глобальной средней температуры воздуха и океана, широко распространенным таянием снега и льда, и повышением глобального среднего уровня моря. Чистое антропогенное радиационное воздействие на климат оценивается положительной величиной (эффект потепления), при этом наилучшей оценкой является величина 1,6 Вт/м^2 для 2005 г. (относительно величин доиндустриального периода 1750 г.). Наилучшей оценкой линейного тренда глобальной приземной температуры является потепление на 0,74°C (*вероятный* диапазон от 0,56 до 0,92°C), при этом в последние 50 лет наблюдается тенденция к более быстрому потеплению. Данные новых анализов демонстрируют скорость потепления в нижних и средних слоях тропосферы, схожую со скоростью потепления на поверхности Земли. Исследования, посвященные объяснению причин изменения климата, показывают, что, *весьма вероятно*, наблюдаемое с середины XX столетия повышение глобальных средних температур, большей частью, вызвано наблюдаемым повышением концентраций антропогенных парниковых газов. В континентальном масштабе, в*ероятно,* в последние 50 лет в среднем на каждом континенте, кроме Антарктиды, происходит значительное потепление. В обширных районах в последние 50 лет холодные дни, холодные ночи и мороз стали менее частыми, а жаркие дни, жаркие ночи и волны тепла участились. [РГI, РП]

Наблюдаемое в течение нескольких последних десятилетий потепление климата неизменно связывается с изменениями в ряде компонентов гидрологического цикла и в гидрологических системах, такими как: изменения режимов, интенсивности и экстремальных величин осадков; широкомасштабное таяние снега и льда; повышение содержания водяного пара в атмосфере; увеличение испарения; и изменения количества почвенной влаги и объема стока. Во всех компонентах гидрологического цикла наблюдается значительная естественная изменчивость – во временных масштабах от межгодового до десятилетнего, – из-за которой часто трудно выявить долгосрочные тренды. До сих пор имеется существенная неопределенность в трендах гидрологических переменных, обусловленная большими региональными различиями и ограничениями в пространственном и временном охвате сетями мониторинга (Huntington, 2006). По-прежнему остается непростой проблемой документальное подтверждение колебаний и трендов в количестве осадков над океанами. [РГI, 3.3]

Понимание и объяснение наблюдаемых изменений также является проблемой. Для гидрологических переменных, таких как сток, важную роль на местах могут играть неклиматические факторы (например, изменения в добыче полезных ископаемых). Реагирование климата на факторы воздействия также является сложным. Например, одно из действий поглощающих аэрозолей (например, технического углерода) заключается в удерживании тепла в аэрозольном слое, которое, в противном случае, достигнет поверхности суши, обуславливая испарение и выделение скрытого тепла над поверхностью. Таким образом, поглощающие аэрозоли могут в локальном масштабе уменьшить величину испарения и количество осадков. Многие связанные с аэрозолями процессы не включены в климатические модели или включены несколько упрощенно, а масштабы их воздействий на количество осадков на местах в некоторых случаях мало изучены. Несмотря на упомянутые выше неопределенности, можно сформулировать ряд предположений, касающихся объяснения причин наблюдаемых гидрологических изменений, и такие предположения будут сформулированы при рассмотрении в этом разделе отдельных переменных на основе оценок, содержащихся в ДО4 [РГI, 3.3, 7.5.2, 8.2.1, 8.2.5, 9.5.4; РГII, 3.1, 3.2]

2.1.1 Осадки (включая экстремальные) и водяной пар

Анализ трендов сумм осадков, выпадающих на поверхность суши, проводился с использованием ряда комплектов данных; в частности, комплекта данных Глобальной сети исторических климатологических данных (ГСИКД) (GHCN: Peterson and Vose, 1997), а также комплекта данных, полученного в результате восстановления данных об осадках на суше (ПРЕК/Л) (PREC/L: Chen et. Al., 2002), Глобального проекта по климатологии осадков (ГПКО) (GPCP: Adler et al., 2003), Глобального центра климатологии осадков(ГЦКО) (GPCC: Beck et al., 2005) и комплекта данных Отдела климатических исследования Метеорологического бюро Соединенного Королевства (ОКИ) (CRU: Mitchell and Jones, 2005). Количество осадков, выпавших на поверхность суши в течение XX века, в целом увеличилось на территории между 30°с. ш. и 85°с. ш., но заметно уменьшилось в последние 30-40 лет на территории между 10° ю. ш.и 30° с. ш. (рис. 2.1). Уменьшение солености в Северной Атлантике и к югу от 25° ю. ш. предполагает аналогичные изменения сумм осадков, выпавших над океаном. Для территории между 10° с. ш. и 30° с. ш. количество осадков заметно увеличивалось с 1900 по 1950-е гг., но стало сокращаться после, примерно, 1970 г. В масштабе полушария явных трендов сумм осадков, выпадающих в Южном полушарии над внетропической частью суши, не наблюдается. В период подготовки данного документа объяснение изменений глобальных осадков является неопределенным, так как на осадки сильное влияние оказывают крупномасштабные проявления естественной изменчивости. [РГI, 3.3.2.1]

Линейный тренд для глобального среднего по данным ГСИКД в период 1901-2005 гг. является статистически незначимым (рис. 2.2). Ни одна из оценок трендов для периода 1951-2005 гг. не является значимой, при этом наблюдаются многочисленные расхождения между

комплектами данных, показывающие трудность мониторинга такой величины, как осадки, для которой характерна большая изменчивость как в пространстве, так и во времени. Глобальные изменения нелинейны во времени и характеризуются значительной десятилетней изменчивостью с относительно влажным периодом с 1950-х до 1970-х гг., за которым последовало уменьшение сумм осадков. На глобальные средние величины доминирующее влияние оказывает количество осадков в тропиках и субтропиках. [РГI, 3.3.2.1]

Пространственные характеристики трендов в годовом количестве осадков показаны на рис. 2.3 с использованием данных станций ГСИКД, интерполированных в широтно-долготные квадраты сетки размером 5° x 5°. Над большей частью территории Северной Америки и Евразии, в соответствии с рис. 2.1, годовое количество осадков увеличивалось в течение 105 лет, начиная с 1901 г. Для периода с 1979 г. модель более сложная, при этом для некоторых районов очевидна засушливость (например, для юго-западной части Северной Америки). Для большей части Евразии для обоих периодов число квадратов сетки, показывающих увеличение количества осадков, превышает число квадратов, показывающих их уменьшение. Наблюдается тенденция к обратно пропорциональным изменениям между северной частью Европы и Средиземноморьем, которые связаны с изменениями в дальних корреляционных связях Североатлантического колебания (см. также раздел 2.1.7). [РГI, 3.3.2.2]

В Южной Америке все более влажные условия наблюдались в бассейне Амазонки и юго-восточной части Южной Америки, включая Патагонию, в то время как отрицательные тренды в годовом количестве осадков наблюдались в Чили

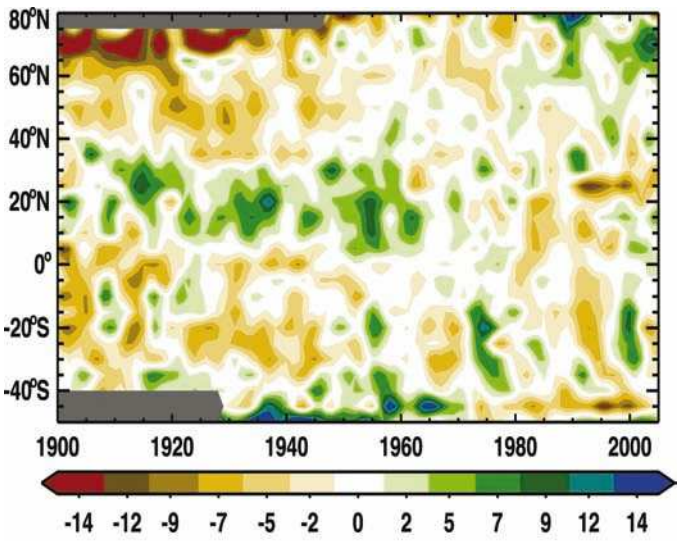


Рис 2.1: *Широтно-временной разрез среднегодовых аномалий для осадков над сушей (%) с 1900 по 2005 гг. относительно средних значений периода 1961-1990 гг. Значения усреднены по всем широтам и сглажены с помощью фильтра, чтобы удалить колебания сроком менее, примерно, 6 лет. Цветовая шкала является нелинейной, а серые участки показывают отсутствие данных. [РГI. рис. 3.15]*

Рис 2.2: *Временные ряды годовых глобальных аномалий (мм) за период 1900-2005 гг. По данным ГСИКД относительно базового периода 1981-2000 гг.. Сглаженные десятилетние значения также даны для комплектов данных ГСИКД, ПРЕК/Л, ГПКО, ГЦКО и ОКИ. [РГI, рис. 3.12]*

и некоторых частях западного побережья континента. Вариации в количестве осадков в Амазонии, Центральной Америке и западной части Северной Америки наводят на мысль о широтных изменениях в характерных особенностях муссонов. [РГI, 3.3.2.2]

Самые большие отрицательные тренды в годовом количестве осадков с 1901 г. наблюдались в западной части Африки и в Сахели (см. также раздел 5.1), хотя тенденции к снижению количества осадков отмечались во многих частях Африки и в южной части Азии. С 1979 г. количество осадков увеличилось в Сахельском регионе и других частях тропической Африки, что частично связано с вариациями, которые обусловлены режимами дальней корреляционной связи (см. также раздел 2.1.7). На большей части северо-западного района Индии в период 1901-2005 гг. наблюдается увеличение количества осадков более чем на 20% за столетие, но на той же территории после 1979 г. наблюдается сильное сокращение количества осадков. В северо-западной части Австралии имеются районы, где в течение обоих периодов годовое количество осадков возрастало от умеренного до сильного. В северо-западной части Австралии количество осадков увеличилось, но наблюдается ярко выраженная тенденция к его снижению на крайнем юго-западе страны, для которой характерен сдвиг в направлении снижения, имевший место примерно в 1975 г. [РГI, 3.3.2.2]

Ряд исследований с использованием моделей предполагает, что изменения в радиационном воздействии (которое комплексно оказывают антропогенные, вулканические и связанные с солнечным излучением факторы) сыграли определенную роль в наблюдаемых трендах среднего уровня осадков. Однако, модели климата, по-видимому, недооценивают расхождение между данными о среднем количестве осадков на суше и оценками по данным наблюдений. Не ясно, обусловлено ли это несоответствие недооценкой реагирования на коротковолновое воздействие и внутренней изменчивости климата,

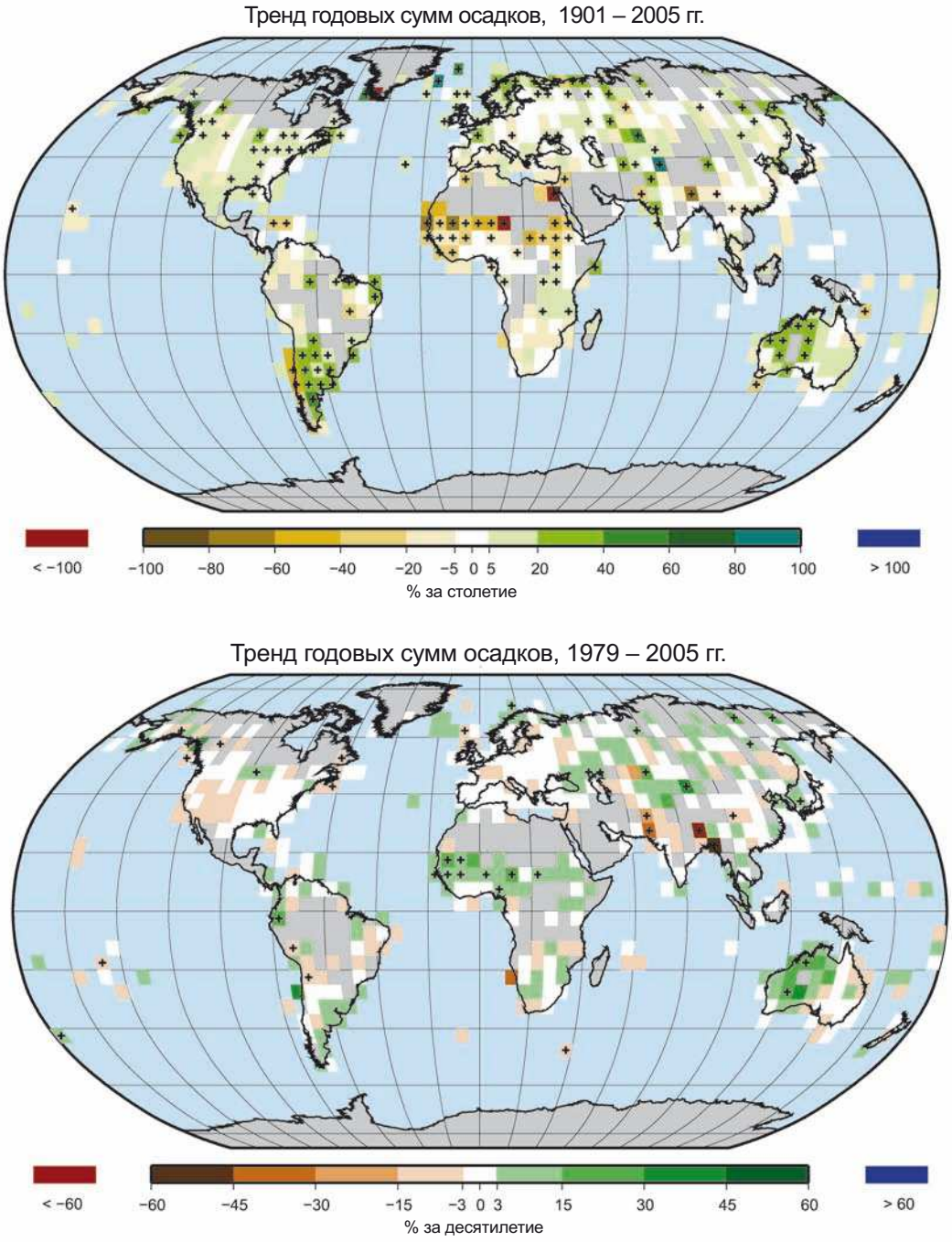


Рис 2.3: *Тренд годовых сумм осадков, 1901-2005 гг. (верхняя карта, % за столетие), и 1979-2005 гг. (нижняя карта, % за десятилетие), в виде процентной доли от средней величины за 1961-1990 гг., полученный на основе комплекта данных со станций GHCN. Серые участки – это участки, где для выявления надежных трендов недостаточно данных. [РГI, рис. 3.13]*

ошибками в наблюдениях или сочетанием того и другого. Теоретические соображения предполагают трудность обнаружения влияние увеличения концентрации парниковых газов на средний показатель количества осадков. [РГI, 9.5.4]

Наблюдается широкомасштабное увеличение числа случаев выпадения сильных осадков (например, выше 95-го процентиля), даже в местах, где общее количество осадков сократилось. Это увеличение связано с ростом содержания водяного пара в атмосфере и согласуется с наблюдаемым потеплением (рис. 2.4). Однако на статистику дождевых осадков доминирующее влияние оказывают вариации в пределах от межгодового до десятилетнего, а оценки тренда в пространственном отношении непоследовательны (например, Peterson et al., 2002; Griffiths et al., 2003; Herath and Ratnayake, 2004). Кроме того, только в нескольких регионах имеются ряды данных приемлемого качества и достаточной длины, чтобы надежно оценить тренды в выпадении экстремального количества осадков. Статистически значимое увеличение числа случаев выпадения сильных осадков наблюдалось в Европе и Северной Америке (Klein Tank and Konnen, 2003; Kunkel et al., 2003; Groisman et al., 2004; Haylock and Goodess, 2004). Сезонный характер

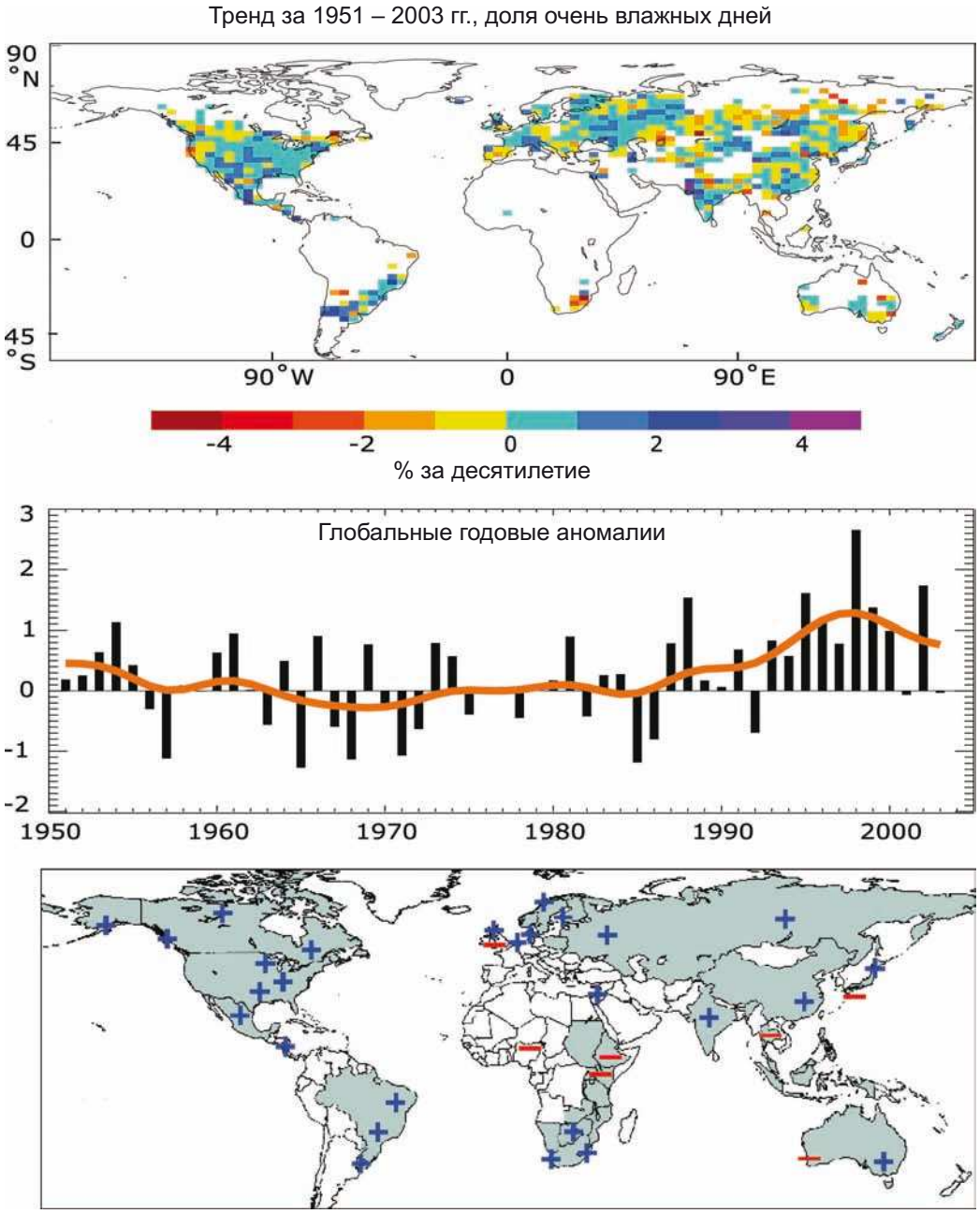


Рис 2.4: *Вверху показаны наблюдаемые тренды (% за десятилетие) за 1951-2003 гг., касающиеся доли очень влажных дней в общем количестве годовых осадков (95-й процентиль и выше). В середине для глобального годового количества осадков показано изменение доли очень влажных дней в общем количестве годовых осадков (% по сравнению со средней величиной за 1961-1990 гг., составляющей 22.5%) (согласно Alexander et al, 2006). Внизу показаны регионы, где непропорциональные изменения в сильных и очень сильных осадках были документально оформлены либо как увеличение (+), либо как уменьшениее (-) по сравнению с изменениям в годовом и/или сезонном количестве осадков (новые данные на основе Groisman et al, 2005). [РГІ, рис. 3.39]*

изменений варьируется в зависимости от места: в США самое заметное увеличение числа случаев выпадения экстремальных осадков наблюдается в теплый сезон, а в Европе – в холодный (Groisman et al., 2004; Haylock and Goodess, 2004). Дальнейшее рассмотрение региональных изменений представлено в разделе 5. [РГІ 3.8.2.2].

Теоретические исследования и исследования с использованием моделей климата показывают, что при климате, который становится теплее вследствие повышения концентрации парниковых газов, ожидается большее увеличение экстремальных осадков по сравнению со средним показателем. Следовательно, антропогенное влияние легче обнаружить, вероятно, при экстремальных, а не средних осадках. Это объясняется тем, что экстремальные осадки зависят от наличия водяного пара, в то время как средний уровень осадков зависит от способности атмосферы излучать в пространство длинноволновую энергию (выделяемую в форме скрытого тепла при конденсации водяного пара), а эта способность ограничивается из-за увеличения концентрации парниковых газов. В своей совокупности результаты

исследований на основе наблюдений и моделирования ведут к общему заключению о том, что частота сильных осадков (или их доля в результате сильных дождей в общем количестве осадков), *вероятно,* выросла в конце XX века над большей частью суши, и что этот тренд, *скорее вероятно, чем нет,* не обошелся без антропогенного вклада. Величину антропогенного вклада на данном этапе оценить невозможно. [РГI, РП, 9.5.4, 10.3.6, ЧЗВ, 10.1]

Имеются данные наблюдений о росте интенсивной тропической циклонической активности в Северной Атлантике приблизительно с 1970 г., что согласуется с повышением температуры поверхности тропических морей (ТПМ). Есть также предположения о повышении интенсивной тропической циклонической активности в ряде других регионов, хотя сомнений в отношении качества этих данных больше. Многодекадная изменчивость и качество данных о тропических циклонах, полученных до регулярных спутниковых наблюдений, начавшихся около 1970 г., усложняют выявление долгосрочных трендов тропической циклонической активности. Явного тренда ежегодных количеств тропических циклонов не существует. Антропогенные факторы, *скорее вероятно, чем нет*, внесли свой вклад в наблюдаемый рост интенсивной тропической активности. Однако явное увеличение доли очень сильных штормов после 1970 г. в некоторых регионах является гораздо более значительным по сравнению с тем, что имитируют существующие модели на этот период. [РГI, РП]

Содержание водяного пара в тропосфере повысилось в последние десятилетия, что согласуется с наблюдаемым потеплением и почти постоянной относительной влажностью. Общее содержание водяного пара в вертикальном столбе над океанами Земного шара в период с 1988 по 2004 гг. повысилось на 1,2 ± 0,3% за десятилетие, что согласуется с изменениями температуры поверхности моря. Многие исследования показывают увеличение количества влаги в приземном слое атмосферы, хотя имеются региональные различия и различия между дневным и ночным временем. Как и для других компонентов гидрологического цикла для водяного пара в атмосфере в масштабах от межгодового до десятилетнего характерны существенные вариации, но наблюдается тенденция к значительному повышению его содержания как над мировым океаном, так и над некоторыми участками суши в Северном полушарии. Поскольку наблюдаемое повышение ТПМ, *вероятно*, большей частью вызвано антропогенными факторами, то это свидетельствует о том, что антропогенное влияние внесло свой вклад в повышение содержания водяного пара в атмосфере над океанами. Однако, на момент подготовки ДО4 официального исследования с целью объяснения причин этого повышения не проводилось. [РГI, 3.4.2, 9.5.4]

2.1.2 Снег и материковый лед

Криосфера (которую образуют снег, лед и мерзлый грунт) хранит около 75% всех мировых ресурсов пресной воды. В климатической системе криосфера и изменения ее состояния комплексно связаны с изменениями поверхностного энергетического баланса, гидрологического цикла и уровня моря. Более одной шестой населения Земли живет

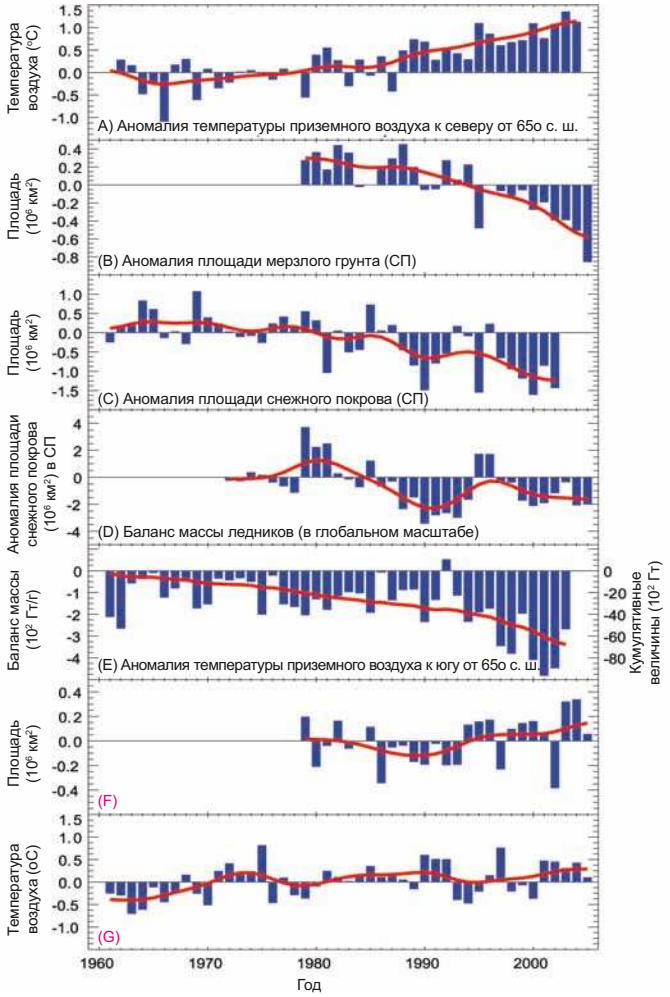


***Рис. 2.5**: Временной ряд аномалий (отклонения от долгосрочного среднего) температуры полярного приземного воздуха (A и E), площади сезонномерзлого грунта в Северном полушарии (СП) (B), площади снежного покрова в СП в марте-апреле (C) и глобальный баланс массы ледников (D). Сплошной красной линией на D обозначен кумулятивный глобальный баланс массы ледников; иначе говоря, эта линия отображает сглаженный временной ряд. [Адаптировано из РГI, ЧЗВ, 4.1]*

в бассейнах рек ледникового или снегового питания (Stern, 2007). [РГII, 3.4.1]. На рисунке 2.5 показаны касающиеся криосферы тренды, которые свидетельствуют о значительном сокращении запасов льда во многих ее компонентах. [РГI, глава 4]

2.1.2.1 Снежный покров, мерзлый грунт, озерный и речной лед

Снежный покров уменьшился в большинстве районов, особенно весной и летом. По результатам спутниковых наблюдений за 1966-2005 гг. снежный покров в Северном полушарии в конце 1980-х годов ежемесячно, кроме ноября и декабря, уменьшался в среднем на 5% в год. Самое заметное уменьшение снежного покрова в горах на западе Северной Америки и в Швейцарских Альпах отмечается на небольших высотах. В Южном полушарии немногочисленные длинные ряды наблюдений или косвенные показатели, которые имеются в наличии, свидетельствуют либо об уменьшении

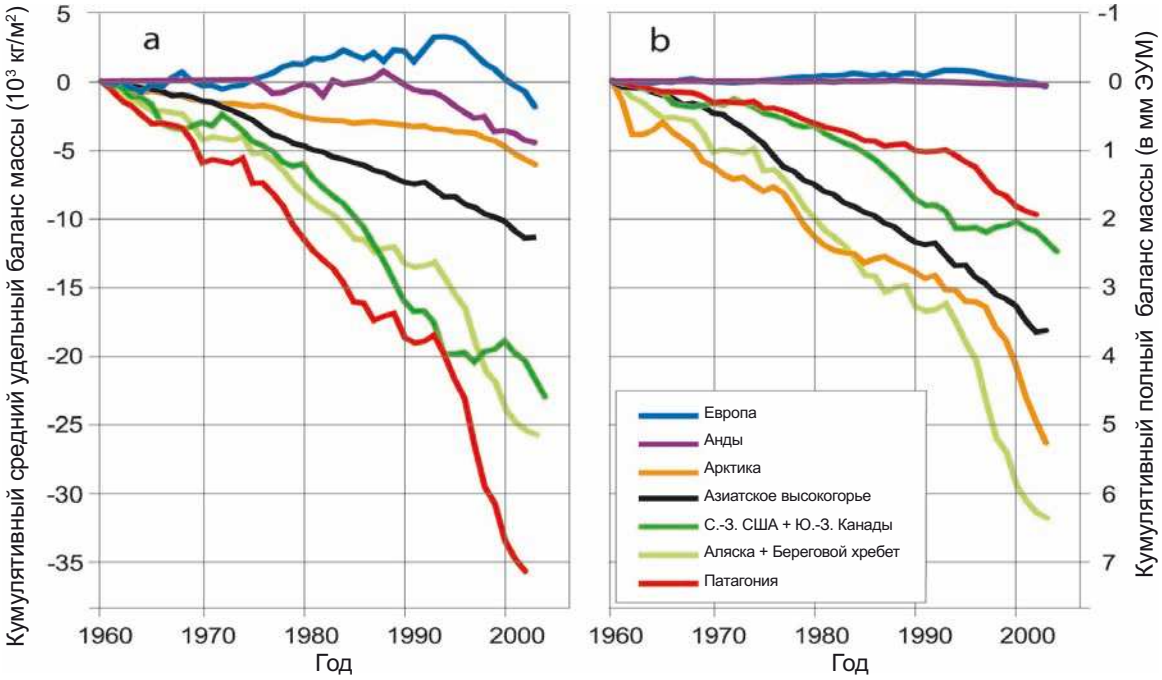


Рис. 2.6: *Кумулятивный средний удельный баланс массы (a) и кумулятивный полный баланс массы (b) ледников и ледяных шапок, рассчитанный для больших регионов (Dyurgerov and Meier, 2005). Баланс массы ледника – это баланс между накоплением и потерей массы ледника в течение гидрологического года. Средний удельный баланс массы – это полный баланс массы, поделенный на суммарную площадь поверхности всех ледников и ледяных шапок региона, и он показывает интенсивность изменения в соответствующем регионе. Полный баланс массы представлен в виде вклада каждого региона в повышение уровня моря. [РГІ, 4.5.2, рис. 4.15]*

снежного покрова, либо об отсутствии изменений за последние 40 лет и более. [РГІ, 4.2.2]

Деградация вечной мерзлоты и сезонномерзлого грунта ведет к изменениям в характеристиках поверхности суши и в дренажных системах. Сезонномерзлый грунт включает в себя как замерзающий/оттаивающий в зависимости от сезона слой почвы в районах, не подверженных вечной мерзлоте, так и активный слой почвы поверх вечной мерзлоты, который оттаивает летом и замерзает зимой. Максимальная оценочная площадь сезонномерзлых грунтов в районах, не охваченных вечной мерзлотой, в Северном полушарии уменьшилась за период 1901-2002 гг. приблизительно на 7%, причем весной уменьшение достигало 15%. Максимальная толщина сезонномерзлых грунтов в Евразии с середины 20-го столетия уменьшилась приблизительно на 0,3 м. в результате потепления зимой и большей глубины снежного покрова. За период 1956-1990 гг. по результатам измерений на 31 станции в России статистически значимая глубина таяния составила 21 см. Ряды наблюдений в других регионах слишком коротки для анализа трендов. С 1980-х гг. в Арктике отмечается рост температуры в верхнем слое вечной мерзлоты, достигающий 3°C. Нагревание вечной мерзлоты и деградация мерзлого грунта являются результатом роста температуры воздуха летом и изменений глубины и продолжительности залегания снежного покрова. [РГІ, 4.7, глава 9]

Для дат начала ледостава и начала ледохода на реках и озерах характерна значительная пространственная изменчивость. На основании имеющихся усредненных данных о Северном полушарии за последние 150 лет начало ледостава задерживалось на 5,8±1,9 дней за сто лет, а ледоход начинался на 6,5+1,4 дней раньше за сто лет. Для оценки трендов опубликованных данных о толщине речного и озерного льда недостаточно. Исследования с использованием моделей (например, Duguay et al., 2003) показывают, что большей частью изменчивость максимума толщины льда и даты начала ледохода обусловлена изменениями в количестве снежных осадков. [РГІ, 4.3]

2.1.2.2 Ледники и ледяные шапки

У ледников и ледяных шапок в Северном полушарии и Патагонии в среднем за последние полвека наблюдается умеренное, но весьма последовательное увеличение оборота массы и существенное увеличение таяния. [РГІ, 4.5.2, 4.6.2.2.1] В результате большая часть ледников и ледяных шапок повсеместно теряла массу (рис 2.6) с растущей скоростью: с 1960/61 гг. до 1989/90 гг. потеря составляла 136 ± 57 Гт/г (в эквиваленте уровня моря (ЭУМ) 0,37 ± 16 мм/г), а в промежутке между 1990/91 гг. и 2003/2004 гг. она составила 280 ± 79 Гт/г (в ЭУМ 0,77 ± 0,22 мм/г). Обширная потеря массы ледников предполагает, по-видимому, обширное потепление в качестве основной причины, хотя в тропиках изменения показателя влаги в атмосфере также могли, вероятно, внести в это свой вклад. Имеются доказательства, что это таяние, *весьма вероятно*, способствовало наблюдаемому повышению уровня моря. [РГІ, 4.5, табл. 4.4., 9.5]

Образование озер происходит по мере отступления языков ледников от крупных морен Малого ледникового периода (МЛП) в крутых горных массивах, включая Гималаи, Анды и Альпы. Имеются большая вероятность затоплений в результате прорыва этих ледниковых озер. [РГI, 1.3.1.1, табл. 1.2]

2.1.3 Уровень моря

Глобальный средний уровень моря повышается и имеется *высокая степень достоверности*, что скорость повышения увеличилась в промежутке между серединой XIX и XX веков. Средняя скорость составляла 1,7 ± 0,5 мм/г в XX веке, 1,8 ± 0,5 мм/г в период 1961-2003 гг. и 3,1 ± 0,7 мм/г в период 1993-2003 гг. Неизвестно, вызвана ли более высокая скорость в период 1993-2003 гг. десятилетней изменчивостью или увеличением в рамках более долгосрочного тренда. С пространственной точки зрения изменение очень неоднородно; например, в период 1993-2003 гг. скорость повышения в некоторых районах превышала глобальное среднее повышение в несколько раз, в то время как в других районах уровень моря снизился. [РГI, 5.P]

В оценках вкладов в долгосрочное изменение уровня моря имеются неопределенности. В период 1993-2003гг. вклад в результате теплового расширения (1,6 ± 0,5 мм/г), потери массы ледников и ледяных шапок (0,77 ± 0,22 мм/г) и потери массы Гренландского (0,21 ± 0,07 мм/год) и Антарктического (0,21 ± 0,35 мм/год) ледяных щитов в сумме составили 2,8 ± 0,7 мм/г. Для этого периода сумма этих климатических воздействий соответствует непосредственно наблюдаемому повышению уровня моря, данные о котором приведены выше, в пределах присущих наблюдениям неопределенностей. По оценкам, для более продолжительного периода 1961-2003 гг. сумма климатических воздействий меньше наблюдаемого общего подъема уровня моря; однако до 1993 г. система наблюдений была менее надежна. Для обоих периодов вклад теплового расширения и ледников/ледяных шапок больше вклада Гренландского и Антарктического ледяных щитов. Большие величины погрешности для Антарктики означают неопределенность в отношении того, какое воздействие Антарктика оказала на уровень моря – положительное или отрицательное. Повышение уровня моря согласуется с потеплением, и исследования с использованием моделей показывают, что, *весьма вероятно,* реакция на антропогенное воздействие внесла свой вклад в повышение уровня моря во второй половине XX века; однако, присущие наблюдениям неопределенности в сочетании с недостатком надлежащих исследований, означают, что количественную оценку антропогенного воздействия дать трудно. [РГI, РП, 5.5, 9.5.2].

Повышение уровня моря потенциально оказывает воздействие на прибрежные районы, но его причины не всегда ясны. Глобальный рост экстремально высоких уровней воды после 1975 г. связан как с повышением среднего уровня моря, так и крупномасштабной междекадной изменчивостью климата (Woodworth and Blackman, 2004). [РГII, 1.3.3].

2.1.4 Евапотранспирация

Непосредственные измерения фактической евапотранспирации над сушей в глобальном масштабе очень ограничены, при этом глобальная аналитическая продукция[10] зависит от типа анализа и может содержать крупные погрешности, и следовательно не пригодна для анализа трендов. Соответственно, имеется мало литературы, посвященной наблюдаемым трендам как фактической, так и потенциальной эвапотранспирации. [РГI, 3.3.3].

2.1.4.1 Испарение из чаши испарителя

Тренды, указывающие на уменьшение в течение последних десятилетий, выявлены на основании данных редких наблюдений за испарением из чаши испарителя (испарение, измеряемое на открытой водной поверхности из чаши испарителя - косвенный показатель потенциальной эвапотранспирации), проведенных в США (Peterson et al., 1995; Golubev et al., 2001; Hobbins et al., 2004), Индии (Chattopadhyay and Hulme, 1997), Австралии (Roderick and Farquhar, 2004), Новой Зеландии (Roderick and Farquhar, 2005), Китае (Liu et al., 2004; Qian et al., 2006b) и Таиланде (Tebakari et al., 2005). Измерение испарения из чаши испарителя не отображают фактическую эвапотранспирацию (Brutsaert and Parlange, 1998), и тренды могут быть обусловлены снижением приземной солнечной радиации (в США и некоторых частях Европы и России) и сокращением продолжительности солнечного сияния в Китае, что может быть связано с ростом загрязнения воздуха и содержания аэрозолей в атмосфере и увеличением облачного покрова. [РГI, 3.3.3, вставка 3.2]

2.1.4.2 Фактическая эвапотранспирация

В ТДО сообщалось, что объем фактической эвапотранспирации увеличился во второй половине XX века в большинстве засушливых районов США и России (Golubev et al., 2001) из-за большего количества почвенной влаги вследствие увеличения суммы осадков и возросшей потребности в атмосферной влаге после повышения температуры. Используя данные наблюдений за осадками, температурой, приземной солнечной радиацией в условиях облачности и комплексную модель поверхности суши, (Чен и др. (Qian et al. (2006a)) обнаружили, что глобальная эвапотранспирация на суше строго соответствует изменениям в количестве осадков на суше. Глобальное количество осадков достигло пика в начале 1970-х гг., затем несколько сократилось, в основном в тропиках, а в высоких широтах количество осадков, выпавших на сушу, в целом возросло. Изменения в объеме

[10] Аналитической продукцией именуются оценки колебаний прошлого климата, полученные посредством включения ряда данных наблюдений в модель прогноза погоды или климата таким образом, как это делается на регулярной основе для начала подготовки ежедневных прогнозов погоды. Так как оперативные системы прогноза/анализа климата с течением времени развиваются, был выполнен ряд повторных анализов, в рамках которых имеющиеся данные наблюдений вводились в единую систему, при этом устранялись ложные скачки или тренды, вызванные изменениями в базовой системе. Преимущество систем анализа заключается в том, что они формируют глобальные поля, включающие в себя много параметров, которые непосредственно не наблюдались. Потенциальный недостаток состоит в том, что все поля представляют собой сочетание данных наблюдений и моделей, и для регионов/переменных, по которым мало данных наблюдений, они, большей частью, могут отображать климатологические величины базовой модели.

эвапотранспирации зависят не только от поступления влаги, но также от наличия энергии и приземного ветра. [РГI, 3.3.3]

К другим факторам, оказывающим влияние на фактическую эвапотранспирацию, относится прямое воздействие обогащенной углекислым газом атмосферы на физиологию растений. Литературы, посвященной этому прямому воздействию и его связи с наблюдаемыми трендами эвапотранспирации, не существует, хотя воздействия на сток отмечались. [РГI, 9.5.4]

Годовые объемы эвапотранспирации частично зависят от продолжительности периода вегетации. В ДО4 представлены свидетельства наблюдаемого увеличения продолжительности периода вегетации. Это увеличение, которое объясняется более ранними сроками последних весенних морозов и более поздними сроками осенних морозов, совершенно очевидно в районах с умеренным климатом в Евразии (Moonen et al., 2002; Menzel et al., 2003; Genovese et al., 2005; Semenov et al., 2006) и на большей части Северной Америки (Robeson, 2002; Feng and Hu, 2004). [РГII, 1.3.6.1]

2.1.5 Почвенная влага

Ряды исторических данных о содержании влаги в почве, полученные посредством измерений в точке, имеются в наличии только для нескольких регионов, и часто длина этих рядов очень мала. [РГI, 3.3.4] Анализируя данные более чем 600 станций, расположенных в местах с большим разнообразием типов климата, Робок и др. (Robock et al (2000)) выявили долгосрочный возрастающий тренд содержания влаги в верхнем слое почвы (глубиной 1 м) в летний период для станций с самыми длинными рядами наблюдений, которые в основном находятся на территории бывшего Советского Союза, Китая и центральной части США. В соответствии с самыми длинными рядами данных, имеющимися на Украине, в целом отмечается увеличение содержания влаги в верхнем слое почвы, хотя в последние десятилетия это увеличение менее заметно (Robock et al 2005). Первоначальный подход к оценке почвенной влаги заключался в том, чтобы рассчитать значения индекса интенсивности засухи Палмера (ИИЗП) по данным наблюдений за осадками и температурой. Изменения, касающиеся ИИЗП, рассматриваются в разделе 3.1.2.4. [РГI, вставка 3.1, 3.3.4]

2.1.6 Сток и расход воды в реках

Большое число исследований было посвящено выявлению потенциальных трендов величина расхода воды в реках течение XX века в масштабах, варьирующихся от водосборного бассейна до всего Земного шара. В результате некоторых исследований обнаружены значительные тренды некоторых показателей речного стока, а другие продемонстрировали статистически значимые связи с трендами температуры и количества осадков. Однако многие исследования не выявили никаких трендов и не смогли отделить последствий колебаний температуры и количества осадков от последствий антропогенного воздействия на бассейн. Методология, которая использовалась для выявления трендов, также оказала влияние на результаты. Например, различные статистические методы могут дать различные показатели значимости; различные периоды наблюдений (особенно сроки их начала и окончания) могут привести к разным показателям изменений; невозможность обеспечить взаимную корреляцию между бассейнами может вызвать переоценку числа водосборных бассейнов, характеризуемых значительным изменением. Еще одним ограничением для анализа трендов является наличие согласованных и проверенных в плане качества данных. Имеющиеся ряды данных наблюдений на станциях для измерения уровня воды охватывают только две третьих общей активно дренируемой площади суши, часто содержат пробелы и имеют разную длину (Dai and Trenberth, 2002). Наконец, антропогенное воздействие оказало влияние на режимы речного стока в реках во многих бассейнах. [РГI, 3.3.4, 9.1, 9.5.1; РГII, 1.3.2]

В глобальном масштабе имеются данные о более или менее четкой картине изменений объема годового стока, при этом в одних районах он увеличивается (например в высоких широтах и на больших участках территории США), а в других (таких, как некоторые районы западной части Африки, южная часть Европы и самая южная часть Южной Америки) – уменьшается (Milly et al., 2005, и многие другие исследования в масштабе водосборного бассейна). Во многих частях мира межгодовые вариации объема речного стока также находятся под влиянием крупномасштабных климатических проявлений, связанных, например, с ЭНСО, САК и моделью ТСА[11]. В одном из исследований (Labat et al., 2004) утверждалось, что в течение 20-го столетия суммарный глобальный сток увеличивался на 4% в расчете на повышение температуры на 1°C, при этом наблюдались региональные вариации этого тренда, однако это утверждение вызвало споры (Labat et al., 2004; Legates et al., 2005), которые сконцентрировались на вопросах воздействий на сток неклиматических факторов и влияния на результаты небольшого числа точек получения данных. Гедней и др. (Gedney et al (2006)) объяснили масштабное увеличение объема стока в XX веке в основном сдерживанием эвапотранспирации в результате увеличения концентрации CO_2 (которые влияют на устьичную проводимость), хотя другие свидетельства такой взаимосвязи найти трудно, и в разделе 2.1.4 представлены доказательства усиления эвапотранспирации. [РГII, 1.3.2]

Тренды в объеме стока не всегда согласуются с изменениями в количестве осадков. Это может быть вызвано ограничениями в данных (особенно это касается охвата данными об осадках), антропогенным воздействием, таким, наполнение водохранилищ (как в случае с основными реками Евразии), или конкурирующими воздействиями изменений осадков и температуры (как в Швеции: см. Lindstrom and Bergstrom, 2004).

Однако имеются значительно более надежные и обширные данные, свидетельствующие о том, сроки речного стока

[11] Соответственно ЭНСО = Эль-Ниньо – Южное колебание, САК = Североатлантическое колебание, ТСМ = Тихоокеанско-североамериканская модель. Дополнительные разъяснения см. в разделе 2.1.7 и Глоссарии.

во многих районах, где осадки выпадают в виде снега, значительно изменились. Более высокие температуры означают, что большая доля зимних осадков выпадает в виде дождя, а не снега, и что время таяния снега начинается раньше. Таяние снега в некоторых районах Новой Англии в период 1936-2000 гг. начиналось на 1-2 недели раньше (Hodgkins et al., 2003), хотя влияние этого на летний речной сток мало заметно (Hodgkins et al., 2005). [РГII, 1.3.2].

2.1.7 Проявления крупномасштабной изменчивости

Климатическая система характеризуется доминирующими проявлениями изменчивости, оказывающими прямое влияние на элементы гидрологического цикла. Климат в регионах может варьироваться в разных фазах благодаря действию таких дальних корреляционных связей. Дальние корреляционные связи часто ассоциируют с засухами и наводнениями, а также другими изменениями, которые оказывают значительные воздействия на людей. Ниже приводится краткий обзор основных дальних корреляционных связей. Более подробно они рассматриваются в разделе 3.6 ДО4 РГI.

Дальняя корреляционная связь определяется пространственной структурой и временным рядом, описывающим изменения ее силы и фазы. Пространственные структуры можно определить на сетке или посредством индексов на основе данных наблюдений на станциях. Например, Индекс южного колебания (ИЮК) базируется исключительно на разнице усредненных значений аномалий давления между Таити (восточная часть Тихого океана) и Дарвином (западная часть Тихого океана), хотя он охватывает большую часть изменчивости крупномасштабной атмосферной циркуляции по всей акватории тропической части Тихого океана. Проявления дальних корреляционных связей обычно наиболее заметны зимой (особенно в Северном полушарии), когда средняя циркуляция является самой интенсивной. Сила дальних корреляционных связей и особенности их влияния на приземный климат также варьируются в крупных временных масштабах. [РГI, 3.6.1].

ИЮК описывает атмосферный компонент Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНСО) - самого важного режима межгодовой изменчивости глобального климата. ЭНСО оказывает глобальное воздействие на атмосферную циркуляцию, осадки и температуру (Trenberth and Caron, 2000). ЭНСО связано со сдвигом направления движения осадков с востока на запад в тропической зоне Тихого океана и изменениями основных тропических зон конвергенции. ЭНСО также связано с волнообразными возмущениями в атмосферной циркуляции за пределами тропиков, такими, как Тихоокеанско-североамериканская модель (ТСМ) и Тихоокеанско-южноамериканская модель (ТЮМ), которые оказывают большое влияние на региональный климат. Сила и частота явлений ЭНСО варьируются в десятилетнем масштабе совместно с Тихоокеанским декадным колебанием (ТДК), известным также как Тихоокеанское междекадное колебание или ТМК, которое изменяет среднее состояние температуры поверхности океана и тропическую атмосферную циркуляцию во временных масштабах в 20 и более лет. Сдвиг климата в 1976/77 гг. (Trenberth, 1990) был связан с изменениями в эволюции Эль-Ниньо (Trenberth and Stepaniak, 2001) и с тенденцией к более продолжительным и интенсивным Эль-Ниньо. Однако до сих пор с помощью наблюдений не выявлено формально поддающееся обнаружению изменение в изменчивости ЭНСО. [РГI, 3.6.2, 3.6.3].

За пределами тропиков на изменчивость атмосферной циркуляции во временных масштабах месяц или более доминирующее влияние оказывают вариации в силе и месте струйных течений и связанных с ними траекториях штормов, которые характеризуются Северным и Южным кольцевыми режимами (СКР и ЮКР, соответственно: Quadrelli and Wallace, 2004; Trenberth et al., 2005). СКР тесно связан с Североатлантическим колебанием (САК), хотя САК теснее всего связан с траекторией атлантического шторма и колебаниями климата в Европе. САК характеризуется не совпадающими по фазе аномалиями давления между умеренными и высокими широтами в секторе Атлантического океана. Наиболее активно характерные признаки САК проявляются зимой, когда его положительная (отрицательная) фаза отображает увеличение (уменьшение) исландского минимума и азорского максимума (Hurrel et al., 2003). Тесно связанный с САК СКР имеет похожую, структуру над Атлантикой, но более симметричен по долготе. САК оказывает сильное влияние на приземную температуру зимой на большей части Северного полушария и на интенсивность и частоту штормов и осадки в Европе и Северной Америке, при этом в положительной фазе наблюдается сдвиг осадков в направлении полюса, а в отрицательной фазе – в направлении экватора. Имеются данные, свидетельствующие о более продолжительных положительных и отрицательных периодах САК в последние несколько столетий (Cook et al., 2002; Jones et al., 2003a). В зимний период минимальные значения индекса САК в конце 1960-х гг. изменились на резко положительные значения в середине 1990-х гг. С этого времени значения индекса САК уменьшились почти до величины долгосрочного среднего. Исследования по объяснению причин показывают, что тренды СКР, *вероятно*, частично связаны с деятельностью человека. Однако, имитированная с помощью моделей климата реакция на естественное и антропогенное воздействие по величине меньше, чем наблюдаемый тренд. [РГI, 3.6.4, 9.P].

Южный кольцевой режим (ЮКР) связан с противоположными по знаку синхронными изменениями давления в средних и высоких широтах, отражающими изменения в основном поясе субполярных западных ветров. Усиление западных ветров в Южном океане имеет место во время положительной фазы ЮКР. В последние десятилетия это происходит все чаще и ведет к росту числа циклонов в циркумполярной ложбине (Sinclair et al., 1997), сдвигу осадков в направлении полюса и большему влиянию на количество осадков в Антарктике (Noone and Simmonds, 2002). ЮКР также оказывает воздействие на пространственные модели изменчивости осадков в Антарктике (Genthon et al., 2003) и южной части Южной Америки (Silvestri and Vera, 2003). Выходные данные моделей предполагают, что на недавний тренд ЮКР влияет увеличение концентрации парниковых газов и, в особенности, истощение стратосферного озонового слоя. [РГI, 3.6.5, 9.5.3.3].

ТПМ в Северной Атлантике характеризуется 70-летним колебанием в период инструментальных наблюдений (и по данным, восстановленным на основе косвенных показателей), названным Атлантическим мультидекадным колебанием (АМК: Kerr, 2000). Теплая фаза имело место в течение 1930-1960 гг, а холодные фазы – в 1905-1925гг. и 1970-1990 гг. (Schlesinger and Ramankutty, 1994). По-видимому, АМК вернулось в теплую фазу, начавшуюся в середине 1990-х гг. Возможно, АМК связано с изменениями силы термохалинной циркуляции (Delwarth and Mann, 2000; Latif, 2001; Sutton and Hodson, 2003; Knight et al., 2005). АМК связано с многолетними аномалиями сумм осадков в Северной Америке, изменяет, по-видимому, дальние корреляционные связи ЭНСО (Enfield et al., 2001; McCabe et al., 2004; Snabbar and Skinner, 2004), а также играет определенную роль в формировании ураганов в Атлантике (Goldenberg et al., 2001). Считается, что АМК является движущим фактором мультидекадных изменений в характеристиках засухи в Сахели, осадков в Карибском бассейне, летнего климата в Северной Америке и Европе, концентрации морского льда в Гренландском море и давления на уровне моря в южной части США, Северной Атлантике и южной части Европы (например, Venegas and Mysak, 2000; Goldenberg et al., 2001; Sutton and Hodson, 2005; Trenberth and Shea, 2006). [РГI, 3.6.6]

2.2 Воздействия гидрологических изменений на климат и их обратные связи

Определенные надежные корреляции между температурой и осадками наблюдались во многих регионах. Этот факт свидетельствует о том, что процессы, управляющие гидрологическим циклом и температурой, тесно взаимосвязаны. В глобальном масштабе изменения количества водного пара, облаков и льда меняют радиационный баланс Земли, и, таким образом, играют важную роль в формировании реагирования климата на увеличение концентрации парниковых газов. Глобальное воздействие этих процессов на реакцию температуры обсуждается в разделе 8.6 ДО4 РГI. В данном разделе будут рассмотрены некоторые процессы, в результате которых изменения гидрологических переменных могут вызвать воздействие обратных связей на региональный климат и на баланс в атмосфере основных парниковых газов. Цель настоящего раздела заключается не в том, чтобы всеобъемлюще рассмотреть эти процессы, а чтобы показать тесную взаимосвязь гидрологических процессов с остальной частью климатической системы.[РГI 3.3.5, глава 7, 8.6]

2.2.1 Воздействия на земную поверхность

Балансы поверхностных вод отражают наличие как воды, так и энергии. В районах, где воды много, эвапотранспирация регулируется свойствами как пограничного слоя атмосферы, так и растительного покрова поверхности Земли. Изменения в балансе поверхностных вод могут подвергнуть климатическую систему воздействию обратной связи в результате возвращения воды в пограничный слой (вместо того, чтобы позволить ей стечь или проникнуть в глубокие слои почвы). Знак и величина таких воздействий часто в значительной мере отличаются в зависимости от особенностей местной окружающей среды. Следовательно, в то время как в некоторых случаях эти обратные связи могут быть относительно слабыми в глобальном масштабе, они могут иметь исключительно важное значение в меньших пространственных или временных масштабах, вызывая региональные/локальные изменения в изменчивости или экстремальных явлениях. [РГI, 7.2]

Сложность обратных связей иллюстрируется воздействиями обезлесения на климат. Некоторые исследования показывают, что обезлесение может привести к снижению дневных температур и увеличению облачности в пограничном слое вследствие повышения альбедо, увеличения транспирации и потерь скрытого тепла. Однако эти воздействия зависят от свойств как замещающей растительности, так и подстилающей поверхности (почвенный/снежный покров) – и в некоторых случаях воздействия может оказаться противоположными. Воздействия обезлесения на осадки также носят сложный характер, при этом выявлены как положительные, так и отрицательные последствия, зависящие от поверхности суши и характеристик растительности. [РГI, 7.2, 7.5]

Результаты ряда исследований показали, что в полузасушливых районах, таких как Сахель, наличие растительности может улучшить условия для ее собственного роста посредством возвращения почвенной влаги в атмосферу, откуда она снова может выпасть в виде осадков. Это может обеспечить несколько типов равновесия для таких районов, либо с осадками и растительностью, либо без них, а также свидетельствует о возможности резких переходов от одних климатических режимов к другим, как это возможно произошло при переходе от среднего Голоцена к современным условиям. [РГI, глава 6, 7.2,]

Почвенная влага является источником тепловой инерции вследствие своей теплоемкости и скрытого тепла, необходимого для испарения. По этой причине было предложено рассматривать почвенную влагу в качестве одного из факторов, регулирующих, например, температуру и количество осадков летом. Обратные связи между почвенной влагой, осадками и температурой особенно важны в переходных районах между засушливыми и влажными областями, но сила взаимосвязи между почвенной влагой и осадками различается в различных климатических моделях на порядок величины, а ограничения в наблюдениях не позволяют в настоящее время уменьшить эту неопределенность. [РГI, 7.2, 8.2]

Еще одним фактором, регулирующим осадки, становится закрытость устьиц листьев вследствие увеличение концентраций CO_2 в атмосфере. Помимо тенденции к увеличению объема стока вследствие крупномасштабного уменьшения суммарного объема эвапотранспирации (раздел 2.3.4), этот фактор может привести к существенному сокращению количества осадков в некоторых районах. [РГI, 7.2]

Изменения в снежном покрове в результате регионального потепления оказывают обратное воздействие на температуру в результате изменений альбедо. Несмотря на то, что величина этой обратной связи существенно

отличается в разных моделях, недавние исследования показывают, что скорость таяния снега весной может обусловить хорошую, поддающуюся измерению оценку силы этой обратной связи, обеспечивая возможность для уменьшения неопределенности в будущих проекциях изменения температуры в покрытых снегом районах. [РГI, 8.6]

2.2.2 Обратные связи вследствие изменений в циркуляции океанов

Поступление пресной воды в океаны изменяет соленость и, следовательно, плотность морской воды. Таким образом, изменения в гидрологическом цикле могут изменить обусловленную плотностью («термохалинную») циркуляцию океанов, и, следовательно, подвергнуть климат воздействию обратной связи. Конкретным примером является меридиональная опрокидывающая циркуляция (МОЦ) в северной части Атлантического океана. Эта циркуляция оказывает существенное влияние на приземную температуру, осадки и уровень моря в регионах, расположенных вокруг Атлантического океана, и за их пределами. Прогнозируется, что МОЦ в Атлантическом океане будет ослабевать в течение 21 столетия, и это ослабление важно для регулирования общей реакции на изменение климата. В целом ожидается, что ослабевающая МОЦ замедлит скорость потепления в северных средних широтах, но некоторые исследования показывают, что она также приведет к повышению скорости потепления в Арктике. Действию обратной связи также подвергнутся крупномасштабные осадки вследствие изменений в испарении с поверхности Атлантического океана в низких и средних широтах. Несмотря на то, что во многих моделях основным фактором ослабления МОЦ является потепление поверхности океана (а не опреснение), в глубоководных регионах важную роль играют гидрологические изменения, а неопределенность, касающаяся поступления пресной воды, служит основной причиной межмодельного разброса в проекциях реакции МОЦ. Наблюдаемые в последние десятилетия изменения солености океана наводят на мысль об изменениях в поступлении пресной воды. Интегрированные результаты почти всех моделей общей циркуляции сопряженной системы атмосфера-океан (МОЦАО) демонстрируют ослабление МОЦ в XXI веке, но ни одна из моделей не показывает резкого перехода МОЦ в другое состояние. *Весьма маловероятно*, что такой переход произойдет в XXI веке, но оценить его вероятность в более долгосрочной перспективе не представляется возможным. [РГI, 10.3.4]

Изменения в количестве осадков, объеме испарения и стока и их воздействие на МОЦ четко смоделированы в сегодняшних проекциях климата. Однако лишь несколько моделей включают детальное отображение изменений в балансе массы Гренландского и Антарктического ледяных щитов, которые являются возможным дополнительным источником поступления пресной воды в океан. Результаты немногочисленных исследований, имеющиеся на сегодняшний день, в которые включено детальное моделирование поступления пресной воды из Гренландии, не показывают, что этот дополнительный источник изменит общие выводы, представленные выше. [РГI, 5.2, 8.7, 10.3, вставка 10.1]

2.2.3 Выбросы и поглотители, подверженные воздействию гидрологических процессов или биогеохимических обратных связей

Изменения в гидрологическом цикле могут в свою очередь повлиять на климат в результате изменений в атмосферных балансах углекислого газа, метана и других радиационно-активных химических соединений. Процессы, которые здесь задействованы, имеют сложный характер; например, реакция гетеротрофного почвенного дыхания, которое является источником CO_2, на увеличение температуры сильно зависит от количества почвенной влаги. Новое поколение климатических моделей, в которых воспроизведено реагирование растительности и углеродного цикла на изменяющийся климат, впервые позволило исследовать некоторые из этих процессов. Все модели показывают, что изменение климата в свою очередь положительно воздействует на глобальный углеродный цикл, что в результате ведет к увеличению доли антропогенных выбросов CO_2, остающихся в атмосфере при более теплом климата. Однако величина полной обратной связи в значительной степени варьируется в разных моделях; особенно неопределенными являются изменения чистой наземной первичной продукции, что отражается в разбросе в проекциях региональных изменений осадков. [РГI, 7.3]

Некоторые источники и поглотители метана чувствительны к гидрологическим изменениям, например водно-болотные угодья, вечная мерзлота, возделывание риса (источники) и окисление почвы (поглотитель). Другие активные химические соединения, такие, как озон, также продемонстрировали чувствительность к климату, и снова, как правило, посредством сложных биогеохимических механизмов. Осадки оказывают непосредственное влияние на атмосферные балансы аэрозолей (например посредством демпфирования источников земной пыли и благодаря важности влажного осаждения в качестве поглотителя), а аэрозоли оказывают обратное воздействие на осадки, выступая в качестве ядер конденсации и, таким образом, воздействуя на эффективность облаков с точки зрения выпадения осадков. Величина этих обратных связей остается неопределенной, и, большей частью, в климатические модели сегодняшнего поколения они включены только в упрощенном виде или вообще не включены. [РГI, 7.4]

2.3 Проекции изменений климата в их связи с водными ресурсами

Серьезным достижением в проекциях изменения климата по сравнению с проекциями, рассматривавшимися в рамках ТДО, является большое количество расчетов, проведенных в рамках более широкого круга моделей климата для различных сценариев выбросов. Проекции наилучших оценок на основании моделей показывают, что среднее потепление за десять лет на каждом обитаемом континенте к 2030 г. будет нечувствительным к выбору сценария СДСВ и, *весьма вероятно,* будет как минимум вдвое больше (около 0,2°C за десять лет) соответствующей смоделированной естественной изменчивости за XX век.

Продолжение выбросов парниковых газов сегодняшними или более высокими темпами, согласно не связанным со смягчением последствий сценариям, вызвало бы дальнейшее потепление и привело бы в XXI веке ко многим изменениям в глобальной климатической системе, которые, *весьма вероятно*, были бы значительнее наблюдавшихся в XX веке. Прогнозируемое среднее изменение глобальной температуры в период 2090-2099 гг. (относительно периода 1980-1999 гг.), согласно иллюстративным сигнальным сценариям СДСВ, варьируется от 1,8°C (*вероятный* диапазон наилучшей оценки от 1,1°C до 2,9°C) для сценария B1 до 4,0°C (*вероятный* диапазон наилучшей оценки от 2,4°C до 6,4°C) для сценария A1FI. Ожидается, что потепление будет наиболее сильным над сушей в большей части высоких северных широт, а наименее сильным - над Южным океаном и северными районами Атлантического океана. *Весьма вероятно*, что частота случаев экстремальной жары и волн тепла будет продолжать увеличиваться. [РГI, РП, глава 10]

Неопределенность в гидрологических проекциях

Неопределенности в прогнозируемых изменениях гидрологической системы обусловлены внутренней изменчивостью климатической системы, неопределенностью будущих выбросов парниковых газов и аэрозолей, преобразованием с помощью глобальных моделей климата этих выбросов в показатели изменения климата и неопределенностью гидрологических моделей. К концу XXI века, согласно сценарию A1B, различия между проекциями количества осадков, построенными по различным моделям климата, будут более крупным источником неопределенности, чем внутренняя изменчивость климатической системы. Это также подразумевает, что во многих случаях смоделированные изменения среднего годового количества осадков будут к тому времени превышать (смоделированную) внутреннюю изменчивость. По мере уменьшения пространственного масштаба проекции, полученные по различным моделям, в меньшей степени согласуются между собой. [РГI, 10.5.4.3] В высоких широтах и в некоторых частях тропиков, согласно всем или почти всем моделям, прогнозируется увеличение осадков, в то время как в некоторых субтропических и среднеширотных районах все или почти все модели показывают их уменьшение. В районах между этими областями достоверного увеличения или уменьшения даже знак изменения количества осадков не согласуется среди всех моделей сегодняшнего поколения. [РГI, 10.3.2.3, 10.5.4.3] Для других аспектов гидрологического цикла, таких, как изменения показателей испарения, почвенной влаги и стока, относительный разброс в проекциях аналогичен разбросу данных об осадках или превышает его. [РГI, 10.3.2.3]

Дополнительные источники неопределенности в гидрологических проекциях обусловлены структурой сегодняшних климатических моделей. Некоторые примеры процессов, которые, в лучшем случае, лишь в упрощенном виде представлены в климатических моделях, даны в разделе 2.2. Сегодняшние модели, как правило, не включают некоторые обратные связи от изменения растительности к изменению климата. В большинстве, но не во всех модельных построениях, использованных для получения проекций климата, антропогенные изменения в почвенно-растительном покрове также не включены. В большинстве моделей трактовка антропогенного аэрозольного воздействия относительно проста. Несмотря на то, что некоторые модели включают широкий диапазон аэрозолей антропогенного происхождения, потенциально важные виды, такие, как сажа, отсутствуют в большинстве модельных имитаций, использованных для ДО4 (см. объяснение причин наблюдаемых изменений в разделе 2.1). Более половины моделей, использованных для ДО4, также не учитывают косвенное воздействие аэрозолей на облака. Разрешение сегодняшних моделей также ограничивает надлежащее представление тропических циклонов и сильных дождевых осадков. [РГI, 8.2.1, 8.2.2, 8.5.2, 8.5.3, 10.2.1]

Неопределенности возникают вследствие включения результатов климатических моделей в исследования проблем пресной воды по двум причинам: разные пространственные масштабы глобальных климатических и гидрологических моделей, а также отклонения в долгосрочном среднем значении осадков, рассчитанном по глобальным климатическим моделям для текущего климата. Для решения проблемы различий в масштабах использовался ряд методов - от простой интерполяции результатов климатических моделей до динамического или статистического уменьшения масштаба, но все эти методы вносили неопределенности в проекцию. Проблема отклонений в смоделированном среднем значении осадков часто решалась посредством добавления к наблюдаемым осадкам смоделированных аномалий с тем, чтобы получить базовый комплект данных для гидрологических моделей. Таким образом, в большинстве исследований гидрологических воздействий изменения в межгодовой или каждодневной изменчивости климатических параметров не учтены. Это ведет к недооценке будущих наводнений, засух и потребностей в воде для орошения. [РГII, 3.3.1]

Неопределенности в последствиях изменения климата для водных ресурсов, засух и наводнений обусловлены разными причинами, такими, как различные сценарии экономического развития, выбросов парниковых газов, моделирования климата и гидрологического моделирования. Однако, пока еще не проводилось исследование для оценки того, как разные гидрологические модели реагируют на один и тот же сигнал о изменении климата. [РГII, 3.3.1] После ТДО неопределенность полученных с помощью климатических моделей проекций для оценок ресурсов пресной воды часто учитывается с помощью использования ансамблей из нескольких моделей. Формальные вероятностные оценки по-прежнему проводятся редко. [РГII, 3.3.1, 3.4]

Несмотря на эти неопределенности, имеются некоторые надежные результаты. В последующих разделах неопределенности в прогнозируемых изменениях рассматриваются на основе оценок, приведенных в ДО4.

2.3.1 Осадки (включая экстремальные) и водяной пар

2.3.1.1 Среднее количество осадков

Проекции климата, полученные с использование многомодельных ансамблей, показывают увеличение в течение XXI века глобального среднего количества водяного пара, испарения и осадков. Модели показывают, что

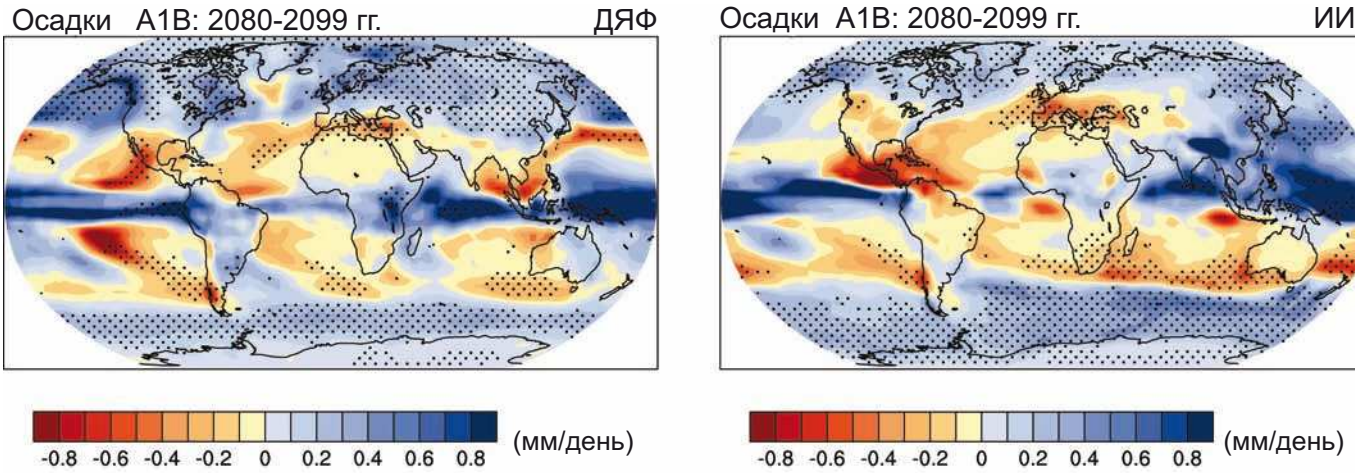


Рис 2.7: *Средняя величина изменений в количестве осадков (единицы: мм/день) для ДЯФ (слева) и ИИА (справа), полученная по ансамблю из 15 моделей. Изменения даны для сценария A1B СДСВ на период 2080-2099 гг. относительно периода 1980-1999 гг. Пунктиром указаны районы, где величина среднего значения по многомодельному ансамблю превышает величину межмодельного среднеквадратичного отклонения. [РГI, рис. 10.9]*

количество осадков увеличится главным образом в районах, где наблюдаются максимумы региональных тропических осадков (таких, как районы муссонных режимов, и, в частности, в тропической области Тихого океана) и в высоких широтах, при этом в субтропиках в целом будет наблюдаться их уменьшение. [РГI, РП, 10.P, 10.3.1, 10.3.2]

Модели весьма согласованно показывают увеличение количества осадков в высоких широтах как летом, так и зимой (см. рис. 2.7). Увеличение количества осадков в тропической зоне океанов и районах некоторых муссонных режимов, например южноазиатского муссона летом (с июня по август) и австралийского муссона зимой (с декабря по февраль), заметно, но не всегда согласуется в локальном масштабе, при этом значительный уровень согласования наблюдается в более крупном масштабе в тропиках. Ожидается обширное уменьшение количества осадков летом в средних широтах, за исключением восточной части Азии, где оно будет расти. Уменьшение количества осадков во многих субтропических регионах очевидным образом проявляется в среднем значении многомодельного ансамбля, а согласованность моделей по знаку изменения часто высока, особенно в некоторых регионах, таких, как тропическая зона Центральной Америки - Карибского бассейна и Средиземноморье. [РГI, 10.3.2] Дальнейшее обсуждение региональных изменений представлено в разделе 5.

Глобальное распределение изменения среднего количества осадков за период 2080-2099 гг., согласно сценарию СДСВ A1B, показано на рис. 2.8 вместе с некоторыми гидрологическими величинами, полученными по ансамблю из 15 моделей. Увеличение годового количества осадков более чем на 20% произойдет в большинстве высоких широт, а также в восточной части Африки, северной части центральных районов Азии и экваториальной зоне Тихого океана. Существенное уменьшение количества осадков (до 20%) ожидается в районах Средиземноморья и Карибского бассейна, а также на субтропическом западном побережье всех континентов. В целом, количество осадков на суше увеличится примерно на 5%, а над океанами на 4%. На суммарное изменение осадков на суше приходится 24% увеличения глобального среднего уровня количества осадков. [РГI, 10.3.2]

В проекциях климата на XXI век, полученных на основе моделей, изменения глобального среднего уровня испарения находятся в тесной связи с изменением глобального количества осадков, но эта взаимосвязь неочевидна на локальном уровне из-за изменений в атмосферном переносе водяного пара. Средний годовой объем испарения увеличивается над большей частью мирового океана, при этом будут наблюдаться пространственные вариации, связанные с вариациями в приземном потеплении. Конвергенция атмосферной влаги увеличится над экваториальной зоной океанов и в высоких широтах. На суше изменения в дождевых осадках будут уравновешиваться как испарением, так и стоком. В глобальном масштабе прогнозируется, что содержание водяного пара в атмосфере увеличится в ответ на повышение температуры при приблизительно постоянной относительной влажности. Это увеличение содержания водяного пара вызовет положительное обратное воздействие на потепление климата, так как водяной пар является парниковым газом. С этим будет связано изменение вертикального профиля температуры атмосферы («вертикальный градиент»), что частично компенсирует положительную обратную связь. Последние данные моделей и наблюдений четко подтверждают воздействие комплексной обратной связи водяной пар/вертикальный градиент на климат, при этом сила этой обратной связи сопоставима с силой, выявленной в климатических моделях общей циркуляции. [РГI, 8.6, 10.P, 10.3.2]

2.3.1.2. Экстремальные осадки

Весьма вероятно, что сильные осадки станут более частыми. Согласно проекциям интенсивность осадков возрастет, особенно в тропических и высокоширотных районах, где наблюдается увеличения среднего количества осадков. Наблюдается тенденция к засушливости летом в средне-

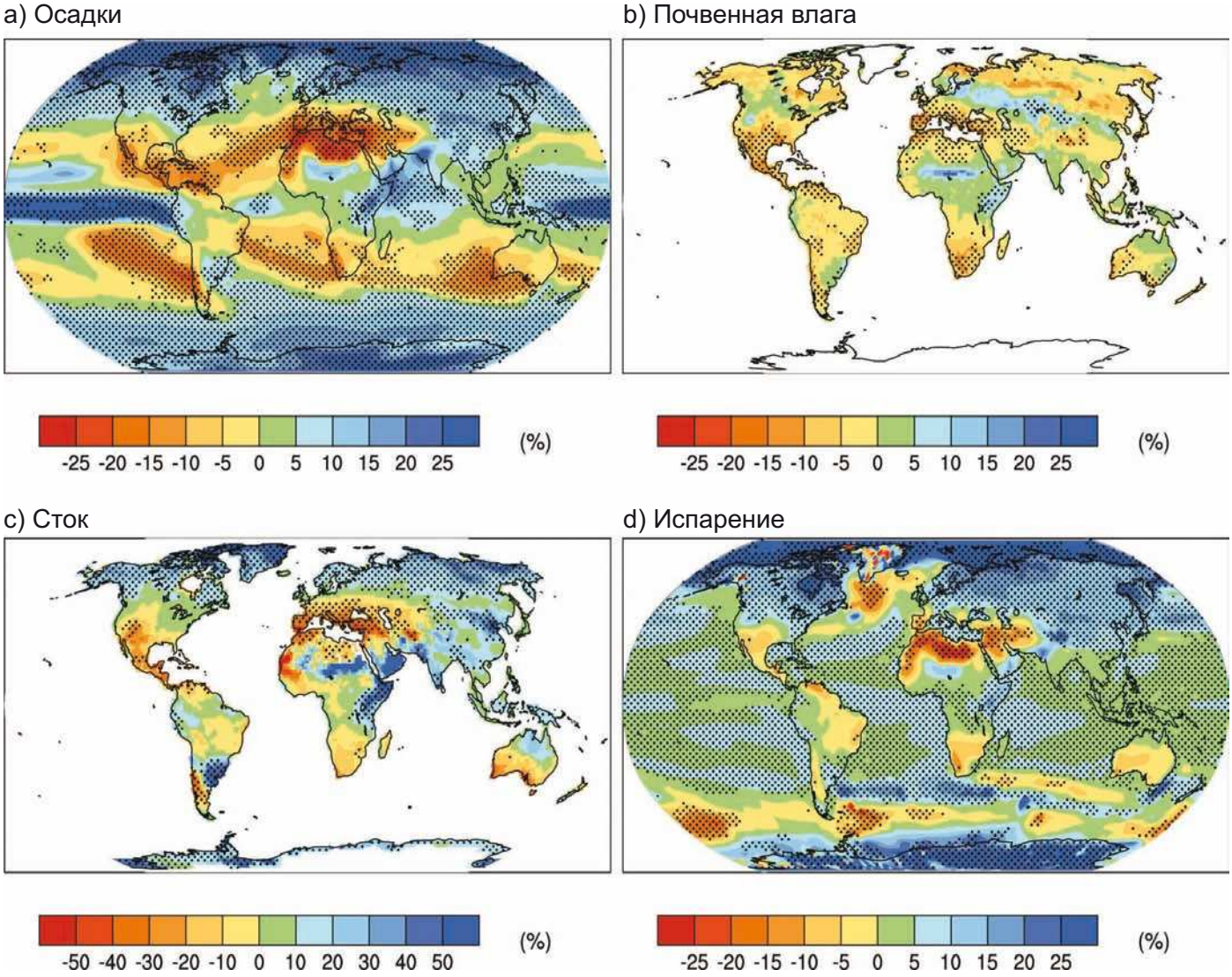


Рис.2.8: *Средняя величина изменений в a) количестве осадков (%), b) содержании почвенной влаги (%), c), объеме стока (%) и d) объеме испарения по ансамблю из 15 моделей. Чтобы показать согласованность изменения по знаку пунктиром заштрихованы области, где по крайней мере 80% моделей согласуются по знаку средней величины изменений. Изменения представляют собой годовые средние значения для сценария A1B за период 2080-2099 гг. относительно периода 1980-1999 гг. Изменения в содержании почвенной влаги и объеме стока показаны в точках суши, где имеются достоверные данные по крайней мере 10 моделей.*

континентальных областях, что указывает на возрастающую опасность засух в этих районах. В большинстве тропических, среднеширотных и высокоширотных районах рост экстремальных осадков будет превышать рост среднего уровня осадков. [РГI, 10.3.5, 10.3.6]

Полученный с использованием глобальных сопряженных моделей результат, отмеченный в ТДО, заключается в прогнозировании повышенной вероятности летней засушливости в средних широтах и связанной с ней повышенной опасности засухи (рис. 2.8). Недавние 15 прогонов МОЦАО для оценки условий более теплого климата в будущем показывают летнюю засушливость в большинстве областей северных субтропиков и средних широт, но при этом диапазон величины засушливости, которую показывают модели, широк. Засухи, связанные с этой летней засушливостью могут привести к гибели растительности и способствовать увеличению процентной доли площади суши, которая единовременно подвергается засухе; например, согласно сценарию A2, экстремальная засуха, которая сегодня затрагивает 1% площади суши, будет к 2100 г. затрагивать (по определению) до 30%. Более сухая почва также будет способствовать образованию более суровых волн тепла. [РГI, 10.3.6]

Также с опасностью засушливости связан прогнозируемый рост опасности интенсивных осадков и наводнений. Это может быть не совсем логично, но объяснение заключается в том, что, согласно проекциям, осадки будут сконцентрированы в периоды интенсивного выпадения, а периоды с незначительным выпадением осадков будут более продолжительными (для дополнительного объяснения см. раздел 2.1.1). Таким образом, периодические случаи выпадения интенсивных и обильных осадков будут чередоваться с более продолжительными, относительно сухими периодами с повышенным уровнем эвапотранспирации, особенно в субтропиках. Однако, в зависимости от порогового значения, используемого

для определения таких случаев, увеличение числа сухих дней не обязательно означает уменьшение числа случаев экстремально сильных дождевых осадков. Другой аспект этих изменений связан со средним количеством осадков, при этом экстремально сильные осадки становятся более сильными во многих областях, где средний уровень количества осадков возрастает, а экстремально сухие периоды становятся более суровыми там, где средний уровень осадков снижается. [РГI, 10.3.6]

Многомодельные проекции климата для XXI века показывают рост как интенсивности осадков, так и числа последовательных сухих дней во многих районах (рис. 2.9). Интенсивность осадков возрастет почти везде, но особенно в средних и высоких широтах, где средний уровень осадков также возрастет. В то же время на рис. 2.9 (нижняя часть) показаны районы в субтропиках и более низких средних широтах, где периоды сухих дней между выпадением осадков становятся более продолжительными, и районы в более высоких средних и высоких широтах, где с увеличением среднего уровня осадков периоды сухих дней становятся менее продолжительными. [РГI, 10.3.6.1]

Поскольку в многомодельной средней величине отражены области, где периоды последовательных сухих дней между выпадением осадков становятся как более, так и менее продолжительными (рис. 2.9), тренды глобального среднего не так очевидны и в меньшей степени согласуются среди разных моделей. Полученный физический механизм возмущений с использованием одной модели показывает лишь ограниченные области согласованно возрастающей частоты влажных дней в июле. Этот ансамбль демонстрирует широкий диапазон изменений в экстремальных осадках относительно контрольной средней величины по ансамблю (по сравнению с более согласованной реакцией экстремальных температур). Это указывает на то, что в целом реакция экстремальных осадков менее согласованна по сравнению с реакцией экстремальных температур. [РГI, 10.3.6, ЧЗВ10.1]

Исходя из данных ряда моделей, *вероятно,* что в будущем тропические циклоны станут более сильными и будут характеризоваться более высокими пиковыми значениями скоростей ветра и более обильными осадками, связанными с происходящими увеличениями температур поверхности моря в тропической зоне. Меньшей достоверностью отличаются проекции глобального уменьшения числа тропических циклонов. [РГI, РП]

2.3.2 Снег и материковый лед

Прогнозируется, что по мере потепления климата площадь и глубина снежного покрова будут уменьшаться, а ледники и ледяные шапки будут терять массу в результате того, что снеготаяние летом будет происходить более активно по сравнению с выпадением снега зимой. Для большинства районов вечной мерзлоты проекции дают масштабное увеличение глубины оттаивания в результате потепления. [РГI, РП, 10.3.3]

2.3.2.1 Изменения состояния снежного покрова, мерзлого грунта и озерного и речного льда

Изменение снежного покрова является комплексной реакцией как на температуру, так и количество осадков, и характеризуется сильной отрицательной корреляцией с температурой воздуха в районах с сезонным снежным покровом. Вследствие этой связи с температурой по результатам моделирования прогнозируется обширное сокращение снежного покрова на протяжении всего XXI века, несмотря на то, что в более высоких местах прогнозируется его увеличение. Например, согласно климатическим моделям, которые использовались в Оценке последствий для арктического климата (ОПАК), по сценарию B2 к концу столетия в северном полушарии прогнозируется сокращение показателя годового среднего снежного покрова на 9-17%. В целом ожидается, что сезон снегонакопления будет начинаться позднее, сезон снеготаяния – раньше, а коэффициент снежного покрова будет уменьшаться в течение снежного сезона. [РГI, 10.3.3.2, глава 11]

Результаты, полученные с использованием моделей в рамках ряда климатических сценариев МГЭИК, показывают, что к середине XXI века площадь вечной мерзлоты в Северном полушарии, *вероятно*, уменьшится на 20-35%. Прогнозируемые изменения глубины сезонного оттаивания не являются однородными ни в пространственном, ни во временном отношении. Согласно проекциям, в следующие три десятилетия на большей части территории вечной мерзлоты глубина активного слоя, *вероятно*, будет находиться в пределах 10-15% от сегодняшнего уровня; к середине столетия глубина сезонного оттаивания может увеличиться в среднем на 15-25%, а в самых северных областях на 50% и более; к 2080г., *вероятно*, она увеличится на 30-50% или более во всех районах вечной мерзлоты. [РГII, 15.3.4]

Прогнозируется, что потепление вызовет сокращение площади речного и морского льда. Однако это воздействие потепление будет снижено на некоторых крупных реках, текущих на север, из-за уменьшения региональных контрастов в температурах в направлении с юга на север и в связанных с ними гидрологических и физических градиентах. [РГII, 15.4.1.2]

2.3.2.2 Ледники и ледяные шапки

Прогнозируется, что по мере потепления климата на протяжении всего XXI века ледники и ледяные шапки будут терять свою массу из-за того, что масштабы оттаивания летом будут превышать увеличение количества осадков зимой. На основе модельных построений для 11 ледников в разных регионах прогнозируется, что к 2050 г. они потеряют 60% своего объема (Schneeberger et al., 2003). По результатам сравнительного исследования с использованием построений семи МОЦ для условий, предполагающих увеличение концентрации CO_2 в атмосфере в два раза, был сделан вывод о том, что ледники могут полностью исчезнуть из-за увеличения высоты линии равновесия ледников (Bradley et al., 2004). Процесс исчезновения ледников будет идти быстрее, чем процесс нового обледенения через несколько веков, и в некоторых районах последствия могут быть необратимыми. [РГI, 10.7.4.2, вставка 10.1]. Согласно проекциям на XXI век, в глобальном масштабе ледники и ледяные шапки потеряют 0,07-0,17 м в эквиваленте уровня моря (ЭУМ) от своей сегодняшней массы, равной 0,15-0,37 м в ЭУМ. [РГI, глава 4, табл.4.1, 10, табл. 10.7]

2.3.3 Уровень моря

Поскольку изученность некоторых важных воздействий, определяющих повышение уровня моря, слишком ограничена, в ДО4 не оценивается вероятность и не сообщается наилучшая оценка верхнего предела повышения уровня моря. Проекции не включают в себя неопределенности обратных связей между климатом и углеродным циклом и не учитывают все воздействия изменений в движении льда в ледовых щитах; в этой связи верхние значения приведенных диапазонов не следует рассматривать в качестве верхних границ повышения уровня моря. Полученные по данным моделей проекции повышения среднего глобального уровня моря в период между концом XX века (1980-1999 гг.) и концом нынешнего века (2090-2099 гг.) показывают величину порядка 0,18 – 0,59 м, основанную на разбросе результатов МОЦАО и различных сценариев СДСВ, но они не учитывают отмеченные выше неопределенности. Согласно всем сигнальным сценариям СДСВ, за исключением сценария B1, средняя скорость повышения уровня моря в течение XXI века *весьма вероятно* превысит среднюю скорость за период 1961-2003 гг. (1,8 ± 0,5 мм/год). Тепловое расширение является самым значительным фактором, влияющим на повышение уровня моря, доля которого в центральной оценке по этим проекциям для всех сценариев составляет 70-75%. Ледники, ледовые шапки и Гренландский ледовый щит, согласно проекциям, также внесут положительный вклад в повышение уровня моря. МОЦ показывают, что в целом Антарктический ледовый щит получит повышенное количество снеговых осадков, при этом существенного таяния на поверхности не будет, в результате чего увеличится масса щита и будет оказано отрицательное воздействие на повышение уровня моря. Прогнозируется, что повышение уровня моря в течение XXI века будет характеризоваться существенной географической изменчивостью. [ОД, 3.2.1; РГI, РП, 10.6.5, ТР, 5.2] Частичная потеря Гренландского ледового щита и/или Антарктического ледового щита могла бы вызвать повышение уровня моря на несколько метров, крупные изменения береговых линий и затопление низменных районов, при этом наиболее значительные последствия затронули бы дельты рек и низменные острова. Сегодняшние модели показывают, что такие изменения возможны для Гренландии в масштабе тысячелетия, но в связи с тем, что динамические процессы движения льда в обоих щитах в настоящее время недостаточно изучены, нельзя исключать более быстрое повышение уровня моря в масштабе столетия. [РГI, РП; РГII, 19.3]

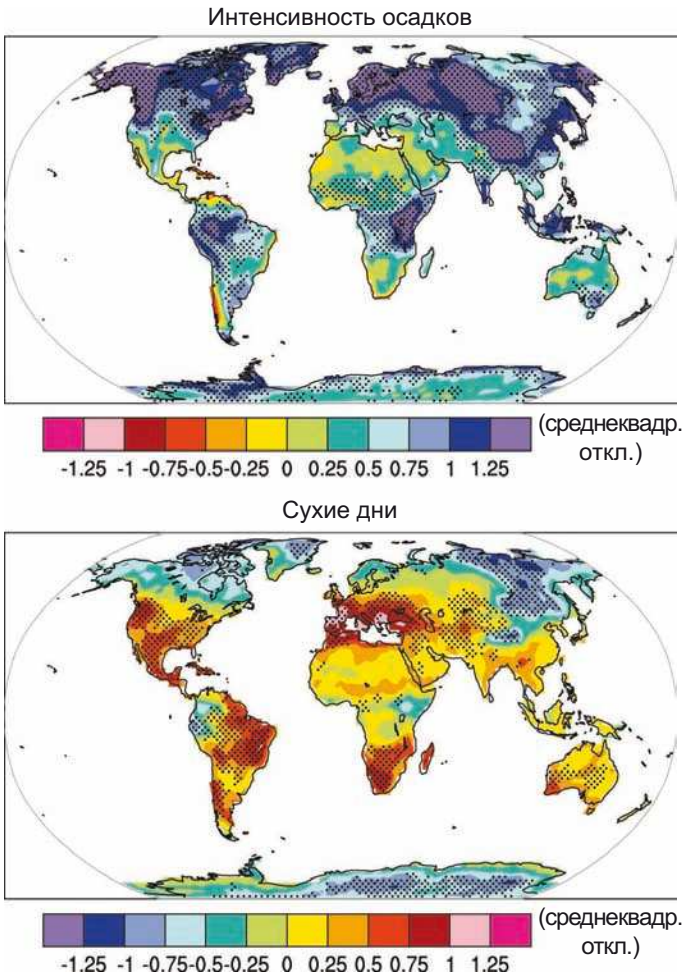


Рис. 2.9 : *Изменения в экстремальных условиях на основе многомодельны расчетов по девяти глобальным сопряженным моделям в период 2080-2099 гг. относительно периода 1980-1999 гг. для сценария A1B. Изменения в пространственных моделях интенсивности осадков (определяются посредством деления годового суммарного количества осадков на число дней с осадками) (вверху); и изменения в пространственных моделях сухих дней (определяется как годовое максимальное количество идущих подряд сухих дней) (внизу). Пунктиром заштрихованы области, для которых по крайней мере пять из девяти моделей согласуются между собой в определении того, что изменение статистически значимо. Показатели экстремальности рассчитаны только для суши. Изменения даны в единицах среднеквадратичных отклонений. [РГI, рис. 10.18]*

2.3.4 Эвапотранспирация

Прогнозируется, что испаряемость или «потенциальное испарение» возрастет почти повсеместно. Это объясняется тем, что водоудерживающая способность атмосферы увеличится с повышением температуры, но, согласно проекциям, относительная влажность заметно не изменится. В результате дефицит водяного пара в атмосфере возрастет, также, как и скорость испарения (Trenberth et al., 2003). [РГI, рис. 10.9, 10.12; РГII, 3.2, 3.3.1]. Фактическое испарение над отрытыми водоемами, согласно проекциям, увеличится, например, над большей частью океанов [РГI, рис.10.12] и озер, при этом пространственные вариации будут обусловлены пространственными вариациями в приземном потеплении. [РГI, 10.3.2.3, рис.10.8] Изменения в эвапотранспирации над сушей обуславливаются изменениями в количестве осадков и радиационном воздействии, а сами они, в свою очередь, влияют на водный баланс стока, почвенной влаги, воды в водохранилищах, на уровень грунтовых вод и засоление близповерхностных водоносных горизонтов. [РГII, 3.4.2]

Обогащение атмосферы углекислым газом имеет два потенциальных конкурирующих последствия для эвапотранспирации, образуемой растительностью. С одной стороны, более высокие концентрации CO_2 могут

уменьшить транспирацию, потому что устьицам листьев, через которые происходит транспирация растений, необходимо будет открыться в меньшей степени, чтобы поглотить то же самое количество CO_2 для фотосинтеза (см. Gedney et al., 2006, хотя другие данные для обоснования такой взаимосвязи найти непросто). С другой стороны, более высокие концентрации CO_2 могут усилить рост растений, что в результате приведет к увеличению площади листьев и, следовательно, к усилению транспирации. Относительные величины двух этих последствий варьируются в зависимости от типа растений и реагирования на другие факторы, такие, как обеспеченность питательными веществами, влияние изменений температуры и обеспеченность водой. Для учета влияния обогащения атмосферы CO_2 на эвапотранспирацию необходимо в используемые модели включать динамическую модель растительного покрова. Число моделей, которые позволяют это сделать сегодня, небольшое (Rosenberg et al., 2003; Gerten et al., 2004; Gordon and Famiglietti, 2004; Betts et al., 2007), но, как правило, это возможно в глобальном масштабе, а не в масштабе водосборного бассейна. Несмотря на то, что исследования с использованием равновесных моделей растительного покрова показывают, что увеличение площади листьев может быть компенсировано закрытостью устьиц (Betts et al., 1997; Kergoat et al., 2002), исследования при помощи динамических глобальных моделей растительного покрова указывают на то, что воздействие закрытости устьиц сильнее, чем воздействие увеличения площади листьев. Принимая во внимание вызываемые CO_2 изменения в растительности, был смоделирован глобальный средний объем стока для условий климата, когда концентрация CO_2 в атмосфере превышает сегодняшнюю концентрацию в два раза, который в результате сокращения эвапотранспирации только лишь из-за обогащения атмосферы CO_2 увеличился приблизительно на 5%. (Leipprand and Gerten, 2006; Betts et al., 2007). [РГII, 3.4.2]

2.3.5 Почвенная влага

Изменения в содержании влаги в почве зависят от изменений не только в объеме и сроках выпадения осадков, но и в объеме и сроках испарения (на которые могут оказать влияния изменения в растительном покрове). Таким образом, географическое распределение изменений в содержании влаги в почве несколько отличается от распределения изменений в количестве осадков; более высокий объем испарения может более чем уравновесить рост количества осадков. В моделях влага в нескольких верхних метрах земной поверхности моделируется разными способами, и оценить содержание влаги в почве все еще не просто. Проекции среднего годового количества влаги в почве (рис. 2.8b) обычно показывают уменьшение в субтропиках и в районе Средиземноморья, и увеличение в восточной части Африки, центральной части Азии и некоторых других районах, где увеличивается количество осадков. Уменьшение также наблюдается в высоких широтах, где уменьшается снежный покров (раздел 2.3.2). В то время как величина изменений часто неопределенна, во многих из этих районов наблюдается согласованность по знаку изменения. Аналогичные картины изменения наблюдается в результатах, полученных для отдельных сезонов. [РГI, 10.3.2.3]

2.3.6 Сток и расход воды в реках

Изменения в объемах речного стока, а также уровне воды в озерах и водно-болотных угодьях, обусловленные изменением климата, зависят в первую очередь от изменений в количестве и сроках выпадения осадков, и, самое главное, от того, в каком виде выпадают осадки, а именно дождя или снега. Изменения в объеме испарения также оказывают влияние на речной сток. Результаты нескольких сотен исследований потенциального влияния изменения климата на речной сток опубликованы в научных журналах, а результаты многих других исследований представлены в докладах для внутреннего пользования. Исследования в значительной степени были сосредоточены на территории Европы, Северной Америки и Австралии, а для Азии таких исследований проводилось немного. Практически во всех исследованиях использовалась гидрологическая модель водосборного бассейна, обусловленная сценариями на базе расчетов по моделям климата, и почти все исследования проводились в масштабе водосборного бассейна. Немногочисленные исследования в глобальном масштабе, которые проводились с использованием как показателей стока, смоделированного непосредственно в моделях климата [РГI, 10.3.2.3], так и результатов прогона в автономном режиме гидрологических моделей [РГII 3.4], показывают увеличение объема стока в высоких широтах и влажных тропиках и уменьшение в средних широтах и некоторых частях сухих тропиков. На рис. 2.8c показана средняя величина изменения стока по ансамблю моделей согласно сценарию A1B. Объем стока заметно сокращается в южной части Европы и возрастает в юго-восточной части Азии и в высоких широтах, где наблюдается согласованность моделей по знаку изменения (хотя по величине изменения степень согласованности меньше). Самые крупные изменения достигают 20% и более от значений, смоделированных для периода 1980-1999 гг., которые варьировались от 1-5 мм/день в более влажных районах до менее 0,2 мм/день в пустынях. Сток рек в высоких широтах увеличивается, в то время как сток крупных рек на Среднем Востоке, в Европе и Центральной Америке имеет тенденцию к сокращению. Как указано в разделе 2.2.1, последствия обогащения атмосферы CO_2 могут привести к уменьшению испарения, и, следовательно, либо к более значительному увеличению, либо к менее значительному уменьшению объема стока. [РГI, 7.2]

На рис. 2.10 показано изменение в объеме годового стока для периода 2090-2099гг. по сравнению с периодом 1980-1999 гг. Показанные величины представляют среднее значение выборки из 12 климатических моделей с использованием сценария A1B СДСВ. Штриховка и белый цвет используются для выделения областей, где модели соответственно согласуются или не согласуются по знаку изменения: следует обратить внимание на обширные области, где направление изменения неопределенно. На данной глобальной карте годового стока иллюстрируются крупномасштабные изменения, и она не предназначена для интерпретации в мелких временных (например, сезонный) и пространственных масштабах. В районах, в которых количество дождевых осадков и объем стока являются весьма низкими (например, пустынные районы), небольшие изменения в объеме стока могут приводить к

значительным процентным изменениям. В некоторых регионах знак проекций изменений в объеме стока отличается от недавно наблюдаемых тенденций (раздел 2.1.6). В некоторых районах, для которых проекции дают увеличение стока, ожидаются иные сезонные последствия, такие, как увеличение стока во время влажного сезона и его уменьшение в засушливый сезон. [РГII, 3.4.1]

Очень достоверные выводы заключаются в том, что потепление приведет к изменениям в сезонном характере

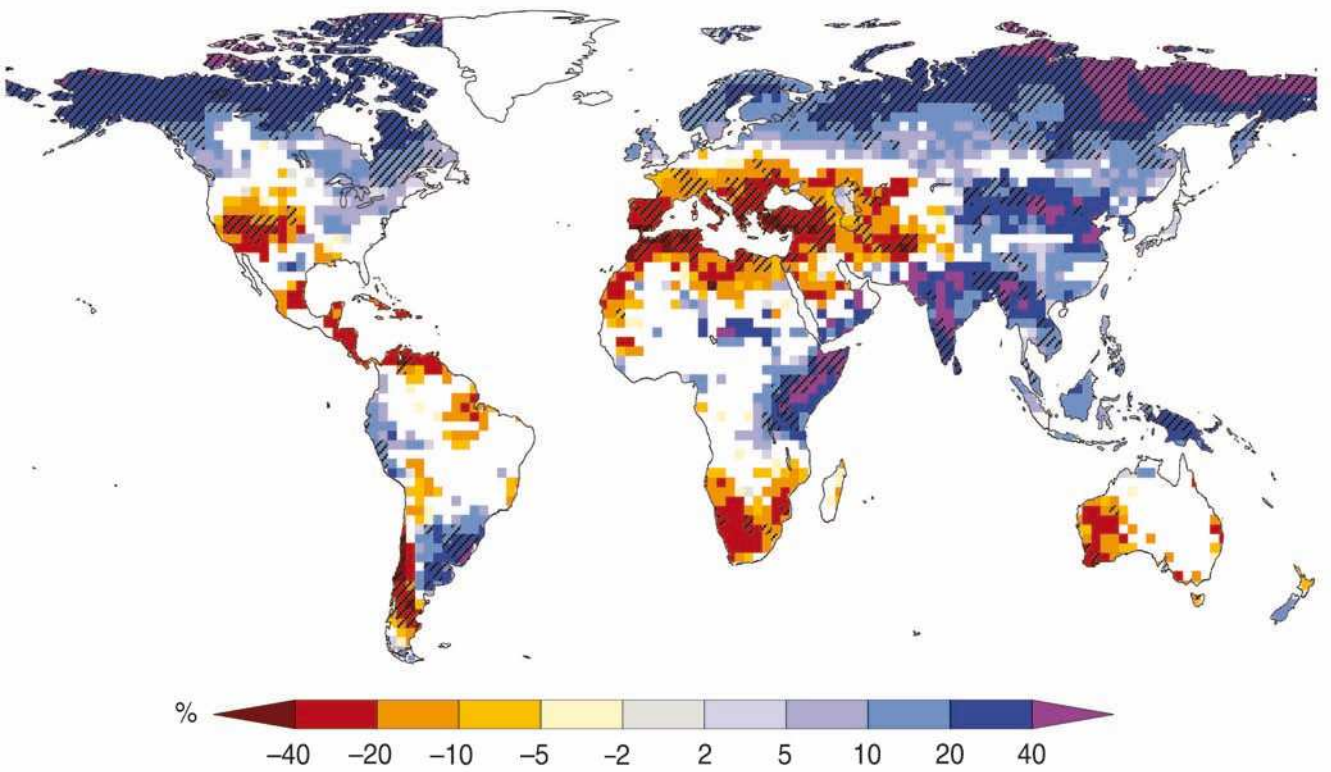


Рис. 2.10: *Крупномасштабные относительные изменения годового объема стока за период 2090-2099 гг. по сравнению с периодом 1980-1999 гг. Белым цветом обозначены районы, в которых менее 66% из 12 моделей ансамбля совпадают по знаку изменения, и заштрихованы районы, в которых более 90 % моделей согласуются по знаку изменения (Milly et al.,2005). [На основе ОД, рис. 3.5, и РГII, рис.3.4]*

стока рек там, где зимние осадки в настоящее время выпадают в виде снега, при этом объем весеннего стока уменьшится из-за сокращения снеготаяния или его более раннего начала, а объем зимнего стока увеличится. Такая тенденция наблюдается в Европейских Альпах, Скандинавии и районе вокруг Балтийского моря, в России, на Гималаях, а также в западной, центральной и восточной частях Северной Америки. Самые заметные последствия будут наблюдаться на небольших высотах, где снежные осадки незначительны, и во многих случаях к середине XXI века пики речного стока будут наблюдаться по меньшей на месяц раньше. В районах, где количество снежных осадков небольшое или их вообще нет, изменения в объеме стока будут значительно большее зависеть от изменений сумм дождевых осадков, чем от изменений в температуре. По результатам большинства исследований прогнозируются изменения в сезонном характере речного стока, при этом будут наблюдаться больший объем стока в сезон пикового стока и либо меньший объем стока в сезон низкого стока, либо продолжительные засушливые периоды. [РГII, 3.4.1]

Многие реки, дренирующие ледниковые районы, особенно в высоких горных хребтах Азии и Южноамериканских Андах, поддерживаются во время теплых и сухих периодов за счет таяния ледников. Отступление этих ледников по причине глобального потепления приведет к увеличению объема речного стока в краткосрочной перспективе, но доля таяния ледников будет постепенно снижаться в последующие несколько десятилетий. [РГII, 3.4.1]

Изменения уровня воды в озерах отражают изменения в сезонном распределении притока воды в реки, осадках и испарении, интегрированные в некоторых случаях за многолетний период. Таким образом, озера могут реагировать весьма нелинейно на линейное изменение в притоке воды. Исследования Великих озер в Северной Америке и Каспийского моря показывают, что к концу столетия уровень воды изменится примерно на нескольких десятков сантиметров, а в некоторых случаях на несколько метров. [РГII, 3.4.1]

2.3.7 Проявления крупномасштабной изменчивости

Согласно глобальным моделям климата, оценка которых приведена в ДО4, прогнозируется что давление на уровне моря возрастет в субтропиках и средних широтах и уменьшится в высоких широтах. Эти изменения связаны с расширение циркуляции Гадлея и положительными трендами в Северном кольцевом режиме/Северо-

Атлантическом колебании (СКР/САК) и Южном кольцевом режиме (ЮКР). В результате этих изменений прогнозируется, что траектории циклонов сместятся в направлении полюса с последующими изменениями режимов ветра, осадков и температуры за пределами тропиков, способствуя продолжению основного направления трендов, наблюдаемых в последние полвека. [РГI, ТР, 10.3.5.6, 10.3.6.4]

Вероятно, что будущие тропические циклоны будут более интенсивными и характеризоваться более высокими пиковыми скоростями ветра и более сильными осадками, обусловленными текущими изменениями ТПМ в тропиках [РГI, ТР, 10.3.6.3]

Согласно проекциям, ТПМ в центральной и восточной частях экваториальной зоны Тихого океана повысится заметнее, чем в западной ее части, при этом произойдет соответствующий сдвиг осадков в среднем на восток. Все модели показывают, что в будущем продолжится межгодовая изменчивость явления Эль-Ниньо/Южного колебания (ЭНСО), но значительные межмодельные различия в проецируемых изменениях амплитуды Эль-Ниньо, а также внутренняя изменчивость Эль-Ниньо в вековом временном масштабе в этих моделях препятствуют выработке окончательной проекции трендов изменчивости ЭНСО. [РГI, ТР, 10.3.5.3, 10.3.5.4]

Прогнозируется, что межгодовая изменчивость среднемесячной температуры уменьшится во время холодного сезона во внетропической части северного полушария и увеличится в низких широтах, а также в северных средних широтах во время теплого сезона. Первое возможно произойдет вследствие уменьшения массы морского льда и снега из-за повышения температуры. Уменьшение летом содержания влаги в почве в средних широтах будет способствовать второму. Согласно проекциям, изменчивость среднемесячного количества осадков увеличится как в абсолютной (среднеквадратическое отклонение), так и в относительной величине (коэффициент вариации). Однако уровень значимости этих прогнозируемых изменений изменчивости низкий. [РГI, 10.3.5.1]

3

Взаимосвязь между изменением климата и водными ресурсами: последствия и реакции

3.1 Наблюдаемые последствия изменения климата

3.1.1 Наблюдаемые последствия, вызванные изменениями в криосфере

Последствия изменений документально зарегистрированы практически по всем компонентам криосферы, при этом имеются достоверные данные о том, что в целом эти последствия являются реакцией на уменьшение массы льда и снега, вызванного усилением потепления.

3.1.1.1 Горные ледники и ледяные шапки, ледовые щиты и шельфовые ледники

Документально зарегистрированы воздействия изменений в горных ледниках и ледяных шапках на сток (Kazer et al., 2003; Box et al., 2006), условия возникновения опасных явлений (Haeberli and Burn, 2002) и опреснение воды в океанах (Bindoff et al., 2007). Также появляются свидетельства происходящего подъема земной коры в результате недавнего таяния ледников на Аляске (Larsen et al., 2005). Более интенсивное таяние ледников, а также увеличение продолжительности сезона их таяния ведут в начале к увеличению пиковых значений стока и расхода воды в реках, но в то же время в более долгосрочных временных рамках (в масштабе от десятилетия до столетия) ожидается, что объем ледникового стока уменьшится (Jansson et al., 2003). Факты увеличения объема стока в последние десятилетия в результате усиления таяния ледников уже обнаружены в тропической части Анд и в Альпах. [РГI, 4.6.2; РГII, 1.3.1.1]

По мере отступления ледников от крупных морен Малого ледникового периода (МЛП) в ряде крутых горных массивов, включая Гималаи (см. вставку 5.4), Анды и Альпы, происходит образование озер. Таяние погребенного льда также угрожает дестабилизировать морены Малого ледникового периода. Имеются большие потенциальные возможности для затопления в результате прорыва ледниковых озер (ГЛОФ). Государственные организации в соответствующих странах провели большую работу по обеспечению безопасности, и в настоящее время несколько озер либо надежно перегорожены плотиной, либо осушены; однако необходимо постоянно проявлять бдительность, так как десятки потенциально опасных ледниковых озер до сих пор существуют в Гималаях (Yamada, 1998) и Андах (Aems, 1998) и еще несколько озер в других горных массивах планеты. [РГII, 1.3.1.1]

Отступление ледников вызывает сильные изменения ландшафта, что оказывает влияние на условия проживания и туризм во многих горных районах по всему миру (Watson and Haeberli, 2004; Mogl et al., 2005). На рис. 5.10 показаны последствия отступления ледника Чакалтайа для местного ландшафта и горнолыжной отрасли. Потепление вызывает усиление таяния ледников в весенне-летний период, особенно в зонах абляции, при этом наблюдаются соответствующие сезонные потери снежного покрова, которые приводят к более интенсивному появлению трещин на поверхности ледника, что, по сообщениям с Антарктического полуострова, в свою очередь оказывает, например, негативное влияние на функционировании снежной взлетно-посадочной полосы. (Rivera et al., 2005). [РГII, 1.3.1.1]

3.1.1.2 Снежный покров и мерзлый грунт

В результате уменьшения площади снежного покрова, как во времени, так и в пространстве, в последние 65 лет в Северной Америке и северной части Евразии пиковые объемы речного стока наблюдаются на 1-2 недели раньше. Имеются также факты, свидетельствующие об увеличении объема зимнего базисного стока в северной части Евразии и Северной Америке, а также основанная на измерениях тенденция к уменьшению количества снега в низких широтах, что оказывает негативное влияние на лыжные районы. [РГII, 1.3.1.1]

Уменьшение площади сезонномерзлого грунта и вечной мерзлоты, а также увеличение глубины активного слоя привели к:

- исчезновению озер вследствие процесса дренирования внутри слоя вечной мерзлоты, выявленного на Аляске (Yoshikawa and Hinzman, 2003) и в Сибири (см. рис. 5.12) (Smith et al., 2005);
- уменьшению потенциального числа дней для движения транспортных средств по замерзшим дорогам на Аляске;
- усилению береговой эрозии в Арктике (например, Beaulieu and Allard, 2003).

[РГII, 1.3.1.1, глава 15]

3.1.2 Гидрология и водные ресурсы

3.1.2.1 Изменения в системах поверхностных и грунтовых вод

После публикации ТДО было проведено большое число исследований, посвященных выявлению трендов речных стоков в течение XX века в масштабах от одного водосборного бассейна до всего земного шара. В результате некоторых исследований обнаружены значительные тренды в некоторых показателях речного стока, а некоторые исследования продемонстрировали статистически значимые связи с трендами температуры и осадков, но о трендах, однородных в глобальном масштабе, не сообщалось. Впрочем, многие исследования не выявили никаких трендов и не смогли отделить последствия колебаний в температуре и количестве осадков от последствий антропогенного воздействия на бассейн, таких, как изменения в землепользовании и строительство водохранилищ. На межгодовое колебание речных стоков в некоторых районах сильное влияние также оказывают крупномасштабные систематические проявления атмосферной циркуляции, связанные с ЭНСО, САК и другими системами изменчивости, действующими во внутридекадном и мультидекадном временных масштабах. [РГII, 1.3.2.1]

В глобальном масштабе имеются данные о более или менее четкой картине изменения годового стока, при этом в одних районах он увеличивается (Tao et al., 2003a, b, для Китая; Hyvarinen, 2003, для Финляндии; Walter et al., 2004, для пограничных районов США), особенно в высоких широтах, а в других уменьшается, например в некоторых частях Западной Африки, южной части Европы и южной части Латинской Америки (Milly et al., 2005). Лабат и др. (Labat et al., (2004)) утверждали, что в течение 20-го столетия суммарный объем глобального стока увеличивался на 4% в расчете на 1°C повышения температуры и этот тренд

характеризовался региональным колебанием, но это утверждение было подвергнуто сомнению из-за воздействий на сток неклиматических факторов и погрешностей в связи с небольшим числом точек получения данных (Legates et al., 2005). Гедней и др. (Gedney et al., (2006)) привели первые предварительные свидетельства того, что воздействие CO_2 ведет к увеличению объема стока вследствие воздействий повышенных концентраций CO_2 на физиологию растений, хотя другие доказательства такой взаимосвязи найти трудно. Методология, используемая для выявления трендов, также может оказать влияние на результаты, поскольку исключение взаимной корреляции между бассейнами может привести к переоценке числа водосборных бассейнов, которые характеризуются значительными трендами (Douglas et al., 2000). [РГII, 1.3.2.1]

Поток грунтовых вод в близкоповерхностных водоносных слоях является частью гидрологического цикла и испытывает влияние изменчивости и изменения климата в результате процессов пополнения (Chen et al., 2001), а также во многих местах антропогенного воздействия (Petheram et al., 2001). [РГII, 1.3.2.1] Уровни грунтовых вод во многих водоносных слоях характеризуются в последние несколько десятилетий тенденцией к снижению [РГII, 3.2, 10.4.2], но в целом это объясняется тем, что темпы выкачивания грунтовых вод превышают темпы их пополнения, а не тем, что пополнение сократилось под влиянием климата. Могут быть районы, такие как юго-западная часть Австралии, где увеличение забора грунтовых вод вызвано не только ростом потребности в воде, но и обусловленным климатом уменьшением пополнения за счет поверхностных вод (правительство Западной Австралии, 2003 г.). В верхнем насыщенном углекислым газом водоносном слое около Виннипега, Канада, гидрографы мелких скважин никаких очевидных трендов не выявляют, но показывают 3-4-летние колебания, связанные с изменениями в годовой температуре и годовом количестве осадков (Ferguson and George, 2003). В связи с отсутствием данных и очень медленной реакцией систем грунтовых вод на меняющиеся условия их пополнения, изменения в пополнении грунтовых вод, связанные с климатом, не наблюдались. [РГII, 1.3.2, 3.2]

На сегодняшний день устойчивого в глобальном масштабе тренда уровней воды в озерах не установлено. В то время как в некоторых озерах в Монголии и Китае (Синьцзян) уровень воды повысился вследствие усиления таяния снега и льда, в других озерах в Китае (Цинхай), Австралии, Африке (Зимбабве, Замбия и Малави), Северной Америке (Северная Дакота) и Европе (центральная часть Италии) он понизился из-за комплексного воздействия засухи, потепления и деятельности человека. В районах вечной мерзлоты в Арктике недавнее потепление привело к образованию временных озер после начала таяния, которые потом быстро высохли из-за деградации вечной мерзлоты (например, Smith et al., 2005). Сообщалось о аналогичной ситуации с озером, образовавшемся на одном из шельфовых ледников в Арктике (т.е. эпишельфовое озеро[12]), которое исчезло, когда этот ледник разрушился (Mueller et al., 2003). Проблемы вечной мерзлоты и эпишельфовых озер подробно рассматриваются Ле Третом и др. (Le Treut et al. (2007)). [РГII, 1.3.2.1]

3.1.2.2 Качество воды

Связанное с климатом потепление озер и рек наблюдалось в течение последних десятилетий. [РГII, 1.3.2.] В результате в пресноводных экосистемах произошли изменения в видовом составе, изобилии, продуктивности организмов и фенологические сдвиги (включая более раннюю миграцию рыб). [РГII, 1.3.4] Также в результате потепления во многих озерах наблюдалась более продолжительная стратификация с уменьшением концентрации питательных веществ в поверхностном слое [РГII, 1.3.2.] и более продолжительное истощение кислорода в более глубоких слоях. [РГII, вставка 4.1] Из-за сильного антропогенного воздействия, не связанного с изменением климата, факты для выявления устойчивых связанных с климатом трендов других параметров качества воды (например, соленость, патогены или питательные вещества) в озерах, реках и грунте отсутствуют. [РГII, 3.2.]

Термальная структура озер

В озерах в ответ на потепление отмечается повышение температуры воды (табл.3.1). Сокращение периодов, когда на реках и озерах держится ледовый покров, и уменьшение толщины речного и озерного льда, рассматривается в разделе 2.1.2 и работе Ле Трета и др. (2007г.). Динамика фитопланктона и первичная продуктивность также изменились в связи с изменениями физических свойств озер. [РГII, 1.3.4.4, рис.1.2, табл. 1.6] С 1960-х гг. температура поверхности воды в реках и озерах Европы, Северной Америки и Азии повысилась на 0,2-2,0°С. Наряду с потепление поверхностных вод глубоководные слои (что отражается долгосрочными тенденциями) в крупных озерах восточной части Африки (Эдвард, Альберт, Киву, Виктория, Танганьика и Малави) после 1900-х гг. прогрелись на 0,2-0,7 °С. Повышение температуры воды и увеличение продолжительности периода без ледового покрова оказали влияние на термальную стратификацию и внутреннюю гидродинамику озер. В более теплые годы температура поверхности воды увеличивается, потери воды на испарение возрастают, летняя стратификация происходит раньше и глубина термоклинов становится меньше. В нескольких озерах Европы и Северной Америки период стратификации начинался раньше на 20 дней и продолжался дольше на 2-3 недели, при этом возрастала термальная стабильность. [РГII, 3.2.]

Химический состав

Более продолжительная стратификация уменьшает движение воды в термоклине, препятствуя апвеллингу и перемешиванию, которые обеспечивают необходимые питательные вещества для пищевой сети. В результате уменьшения апвеллинга, вызванного термальной стабильностью, в озерах Европы и восточной части Африки наблюдалось сокращение количества питательных веществ в поверхностном слое и его соответствующий рост в глубоководных слоях. Во многих реках и озерах наблюдалось увеличение концентрации сульфатов, катионов оснований и кремния, а также повышение щелочности и проводимости вследствие усиленного выветривания в их водосборных бассейнах силикатов, сульфатов или карбонатов кальция и магния. В отличие от этого, когда повышение температуры усиливает вегетативный рост и почвообразование в высокогорных альпийских экосистемах, щелочность снижается

[12] Водоем, обычно пресноводный, отгороженный шельфовым ледником.

в результате увеличения поступления органической кислоты (Karst-Riddoch et al., 2005). Таяние ледников увеличило поступление хлорорганических соединений (которые попадают в ледник в результате атмосферного переноса и остаются в нем) в одно из субальпийских озер в Канаде (Blais et al., 2001). [РГII, 1.3.2.3]

Увеличение температуры также оказывает влияние на внутриозерные химические процессы (табл. 3.1; для получения дополнительной информации о наблюдаемых изменениях в химических свойствах воды см. также табл. SM1.3 РГ II). Из-за более высокой продуктивности фитопланктона наблюдается снижение содержания растворенного неорганического азота (Sommaruga-Wograth et al., 1997; Rogora et al., 2003), внутриозерное образование более высокого уровня щелочности и увеличение содержания pH в озерах с мягкой водой (Psenner and Schmidt, 1992). Повышенная растворимость, вызванная более высокой температурой, в значительной мере способствует снижению на 11-13% концентрации алюминия (Vesely et al., 2003), хотя в озерах с более высокой температурой воды увеличивается метилирование ртути и наблюдается более высокий уровень содержания ртути в рыбе (Boaly et al., 1993). Снижение содержания кремния вследствие регионального потепления документально зарегистрировано в озере Байкал, Россия. Данные о качестве речной воды, полученные по 27 рекам Японии, также показывают, что как химические, так и биологические свойства воды ухудшаются вследствие повышения температуры воздуха. [РГII, 1.3.2.3]

Эрозия и седиментация

Водная эрозия возросла во многих районах планеты, большей частью вследствие антропогенных изменений в землепользовании. В связи с отсутствием данных, нет фактов, свидетельствующих за или против прошлых изменений в эрозии и переносе наносов, связанных с климатом.

3.1.2.3 Наводнения

Разнообразные климатические и неклиматические процессы способствуют наводнениям, результатом чего являются паводки на реках, внезапные паводки, наводнения в городах, разливы сточных вод, затопление после прорыва ледниковых озер (ГЛОФ, см. вставку 5.4) и наводнения на прибрежных территориях. К процессам, вызывающим наводнения, относятся интенсивные и/или продолжительные осадки, таяние снега, прорыв плотины, снижение пропускной способности русла из-за ледяных заторов или оползней, или шторма. Наводнения зависят от интенсивности, количества, времени и формы выпадения (снег или дождь) осадков и предшествующих условий на реках и в их дренажных бассейнах (например, наличие снега и льда, характер и состояние почвы (мерзлая или немерзлая, насыщенная или ненасыщенная), влажность, скорость и сроки таяния снега/льда, урбанизация, наличии дамб, плотин и водохранилищ). Вторжение человека на территорию пойм и отсутствие планов реагирования на паводки увеличивают потенциальные возможности для ущерба. [РГII, 3.4.3] Наблюдаемый рост интенсивности осадков и другие наблюдаемые изменения климата,

***Табл. 3.1**: Наблюдаемые изменения в стоке/русловом потоке, уровне воды в озерах и наводнениях/засухах [РГII, табл. 1.3]*

Параметр окружающей среды	Наблюдаемые изменения	Период времени	Место
Сток/текущий поток	Годовое увеличение на 5%, увеличение зимой на 25-90%, увеличение базисного стока в результате усиленного таяния и оттаивания вечной мерзлоты	1935-1999 гг.	Арктический дренажный бассейн: Обь, Лена, Енисей, Макензи
	Пиковый текущий поток наблюдается на 1-2 недели раньше вследствие обусловленного потеплением более раннего начала снеготаяния	1936-2000 гг.	Западная часть Северной Америки, Новая Англия, Канада, северная часть Евразии
Наводнения	Увеличение частоты катастрофических наводнений (на 0,5-1%) из-за более раннего ледохода на реках и сильных осадков	Последние годы	Российские арктические реки
Засухи	Уменьшение годового максимального суточного текущего потока на 29% из-за повышения температуры и испарения при отсутствии каких-либо изменений в количестве осадков	1847-1996 гг.	Южная часть Канады
	В связи с сухой и необычно теплой погодой летом вследствие потепления в последние годы в западной части тропической зоны Тихого и Индийского океанов	1998-2004 гг.	Западная часть США
Температура воды	В озерах повышение на 0,1-1,5°C	40 лет	Европа, Северная Америка, Азия (100 станций)
	В озерах (глубоководные слои) повышение на 0,2-0,7°C	100 лет	Восточная Африка (6 станций)
Химический состав воды	Снижение содержания питательных веществ из-за усиления стратификации или более продолжительного вегетационного периода в реках и озерах	100 лет	Северная Америка, Европа, восточная часть Европы, Восточная Африка (8 станций)
	Усиление выветривания в водосборном бассейне или внутренние процессы в озерах и реках	10-20 лет	Северная Америка, Европа (88 станций)

например активизация развивающихся на западе синоптических систематических ситуаций в зимний период в Европе, ведущих к формированию очень дождливых областей низкого давления, которые часто становятся причиной наводнений (Kron and Berz, 2007), показывают, что, возможно, изменение климата уже оказало влияние на интенсивность и частоту наводнений. [РГII, 3.2] В Резюме для политиков ДО4 Рабочей группы I, сделан вывод, что, *вероятно*, частота выпадения сильных осадков в конце XX века возросла в большинстве районов и что, *скорее вероятно, чем нет,* на этот тренд оказывает влияние антропогенный фактор. [РГI, табл. РП]

В глобальном масштабе число крупных внутриконтинентальных катастрофических наводнений в течение последних десяти лет (1996-2005 гг.) возросло, в расчете за десятилетие, более чем в два раза по сравнению с периодом 1950-1980 гг., в то время как причиненный экономический ущерб вырос в пять раз (Kron and Berz, 2007). Доминирующими факторами, определяющими тенденцию увеличения ущерба от наводнений, являются социально-экономические факторы, такие, как экономический рост, рост населения и его благосостояния на уязвимых территориях и изменения в землепользовании. Наводнения явились самыми частыми стихийными бедствиями, которые затрагивают в среднем 140 млн человек в год (Доклад о мировом развитии, 2003, 2004 гг.). В Бангладеш во время наводнения 1998 г. было затоплено 70% территории страны (по сравнению со средней величиной, составляющей 20-25%) (Mirza, 2003; Clarke and King, 2004). [РГII, 3.2]

Так как ущерб от наводнений вырос быстрее, чем рост населения или экономический рост, то необходимо рассматривать другие факторы, включая изменение климата (Mills, 2005). Совокупность данных наблюдений указывает на непрерывное ускорение водного цикла (Huntington, 2006) [РГII, 3.4.3]. Частота выпадения сильных осадков увеличилась, что согласуется как с потеплением, так и наблюдаемым увеличением содержания водяного пара в атмосфере. [РГI, SPM, 3.8, 3.9]. Однако, исходя из документально зарегистрированных трендов, повсеместного повышения объемов максимального стока не наблюдается. Несмотря на то, что на основании анализа данных, полученных по крупным речным бассейнам Милли и др. (Milly et al.) (2002) определили очевидное увеличение частоты «крупных» наводнений (период повторяемости > 100 лет) на большей части земного шара, последующие исследования предоставили не столь обширные свидетельства. Кундцевич и др. (Kundzevich et al. (2005)) выявили увеличение (в 27 местах) и уменьшение (в 31 месте) и отсутствие каких-либо никаких трендов в оставшихся 137 из 197 водосборных бассейнах, исследованных по всему миру. [РГII, 1.3.2.2]

3.1.2.4 Засухи

Термин «засуха» может использоваться для обозначения метеорологической засухи (количество осадков значительно ниже среднего уровня), гидрологической засухи (низкий уровень речного стока и низкий уровень воды в реках и озерах, а также низкий уровень грунтовых вод), сельскохозяйственной засухи (низкое содержание влаги в почве) и экологической засухи (сочетание всех приведенных выше явлений). Социально-экономические последствия засухи могут явиться результатом взаимодействия естественных условий и человеческих факторов, таких, как изменения в землепользовании и растительном покрове, а также потребности в воде и использовании воды. Чрезмерные заборы воды могут усугубить воздействие засухи. [РГII, 3.4.3]

После 1970-х гг. засухи стали более распространенными, особенно в тропиках и субтропиках. В Резюме для политиков ДО4 Рабочей группы I сделан вывод о том, что *вероятно*, площадь, оказавшаяся под воздействием засухи, увеличилась после 1970-х гг., и что, *скорее вероятно, чем нет,* на этот тренд оказывает влияния антропогенный фактор. [РГI, табл. SPM-2] Уменьшение количества осадков на суше и рост температуры, в результате которых увеличилась эвапотранспирация и уменьшилось содержание влаги в почве, являются важными факторами, которые способствовали тому, что, согласно рассчитанному значению индекса интенсивности засухи Палмера (ИИЗП), засуха затронула большее число районов (Dai et al., 2004b). [РГII, 3.4.3]

Регионы, где наблюдалась засуха, по-видимому, определялись большей частью на основе изменений в температуре поверхности моря, особенно в тропиках, вследствие связанных с ними изменений в атмосферной циркуляции и количестве осадков. В западной части США уменьшение толщины снежного покрова и последующее уменьшение содержания влаги в почве также выступили в качестве факторов воздействия в этом плане. В Австралии и Европе на основании экстремального характера высоких температур и волн тепла, сопровождавших засухи, был сделан вывод о их прямой связи с глобальным потеплением. [РГI, 3.P, 3.3.4]

Используя ИИЗП, Даи и др. (Dai et al., (2004b)) выявили ярко выраженный тренд повышения засушливости в Северном полушарии, начиная с середины 1950-х годов, при этом широкомасштабная засушливость наблюдается в Евразии, северной части Африки, Канаде и на Аляске (рис. 3.1). В Южном полушарии поверхности суши были влажными в 1970-е гг. и относительно сухими в 1960-е и 1990-е гг, и тренд повышения засушливости наблюдался с 1974 по 1990 гг., хотя для всего периода 1948-2002 гг. ярко выраженных трендов не отмечалось. Уменьшение количества осадков в последние десятилетия явилось основной причиной для появления трендов повышения засушливости, хотя сильное приземное потепление в течение последних двух-трех десятилетий, *вероятно*, внесло в это свой вклад. В глобальном масштабе площадь очень засушливых областей (очень засушливые области определяются как области суши, где ИИЗП менее – 3,0) выросла более чем в два раза после 1970-х гг. (с ≈12% до 30%), при этом крупный скачок наблюдался в начале 1980-х гг. в связи с уменьшением количества осадков на суше вследствие ЭНСО и его последующим увеличением в первую очередь вследствие приземного потепления (Dai et al., 2004b). [РГII, 3.4.3]

Засухи оказывают отрицательное влияние на сельскохозяйственное производство на неорошаемых землях, а также на водоснабжение для коммунально-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных целей. Некоторые полузасушливые и полувлажные регионы, например Австралия [РГII, 11.2.1], западная часть США и южная часть Канады [РГII, 14.2.1] и Сахель (Nicholson, 2005), испытали более продолжительные и многолетние засухи. [РГII, 3.2]

Волна тепла в Европе в 2003 г., вызванная глобальным потеплением (Schar et al., 2004), сопровождалась дефицитом годового количества осадков, достигавшим 300 мм. По оценкам, засуха способствовала сокращению на 30% суммарной первичной продукции наземных экосистем Европы (Ciais et al., 2005). На многих крупных реках (например, По, Рейн, Луара, Дунай) зарегистрирован рекордно низкий уровень воды, что привело к сбоям в речном судоходстве, орошении, охлаждении электростанций (Beniston and Diaz, 2004; Zebisch et al., 2005). Экстремальное таяние ледников в Альпах предотвратило ситуацию, при которой уровень воды в реках Дунай и Рейн мог бы быть еще ниже (Fink et al., 2004). [РГII, 12.6.1]

3.2 Будущие изменения в обеспеченности водой и потребности в ней вследствие изменения климата

3.2.1 Связанные с климатом факторы влияния на пресноводные системы в будущем

Доминирующими климатическими факторами влияния на обеспеченность водой являются количество осадков, температура и испаряемость (обуславливается радиационным балансом Земли, атмосферной влажностью, скоростью ветра и температурой). Температура особенно важна в бассейнах с преобладающим снеговым питание и в прибрежных районах; во втором случае это объясняется тем, что температура влияет на уровень моря (стерическое повышение уровня моря в результате теплового расширения воды). [РГII, 3.3.1]

Проекции изменений в этих компонентах водного баланса описаны в разделе 2.3. Вкратце, согласно проекциям, суммарный объем годового речного стока на всей территории суши увеличится даже несмотря на то, что есть районы, где сток значительно увеличится, и районы, где он значительно уменьшится. Однако увеличение объема стока не может быть в полной мере использовано до тех пор, пока не будет надлежащей инфраструктуры для сбора и хранения дополнительного количества воды. Над океанами прогнозируется увеличение показателя «испарение минус осадки».

3.2.1.1 Грунтовые воды

Изменение климата влияет на скорость пополнения грунтовых вод (т.е. возобновляемых ресурсов грунтовых вод) и на глубину их уровней. Однако имеется мало информации о текущем пополнении и сегодняшнем уровне грунтовых вод как в развитых, так и в развивающихся странах; проводилось мало исследований будущего влияния изменения климата на грунтовые воды или на взаимодействие грунтовых и поверхностных вод. В высоких широтах оттаивание в районах вечной мерзлоты вызывает изменения как уровня, так и качества грунтовых вод из-за взаимосвязи с поверхностными водами. [РГII, 15.4.1] Так как большая часть грунтовых вод одновременно переходит в поверхностные воды и пополняется за счет поверхностных вод, то ожидается, что режимы потока поверхностных вод окажут влияние на грунтовые воды. Повышение изменчивости осадков может уменьшить пополнение грунтовых вод во влажных районах, поскольку более частое выпадение сильных осадков может привести к более частому превышению инфильтрационной способности почвы. Однако в полузасушливых и засушливых районах повышение изменчивости осадков может увеличить пополнение грунтовых вод, потому что только очень интенсивные дождевые осадки могут просочиться в грунт достаточно быстро до того, как начнется их испарение, а аллювиальные водоносные слои пополняются в основном за счет затопления, вызванного наводнениями. [РГII, 3.4.2]

По результатам глобальной гидрологической модели (см. рис.3.2) глобальная средняя величина пополнения грунтовых вод растет меньше, чем суммарный объем стока (на 2% по сравнению с 9% до 2050-х гг. по расчетам согласно сценарию A2 СДСВ при помощи модели климата ECHAM4: DÖll and Flörke, 2005). По расчетам согласно всем четырем исследованным сценариям изменения климата (глобальные модели климата ECHAM4 и HadCM3 применительно к сценария выбросов A2 и B2 СДСВ[13]) пополнение грунтовых вод сократится к 2050–м годам более чем на 70% в северо-восточной части Бразилии, юго-западной части Африки, в южном регионе Средиземного моря. Однако в связи с тем, что в этом исследовании не учитывается ожидаемое увеличение изменчивости суточных сумм осадков, величина сокращения может быть несколько преувеличена. Там, где глубина уровня грунтовых вод увеличивается, а пополнение грунтовых вод сокращается, водно-болотные угодья, зависящие от водоносных слоев, подвергаются опасности, а базисный сток рек во время засушливых периодов уменьшается. К районам, в которых пополнение грунтовых вод, согласно расчетам, увеличится более чем на 30% к 2050 г. относятся Сахель, Ближний Восток, северная часть Китая, Сибирь и западная часть США. В областях, где уровень грунтовых вод уже высокий, увеличение пополнения может вызвать проблемы в городах и сельскохозяйственных районах вследствие засоления и заболачивания почвы. [РГII, 3.4.2]

Немногочисленные исследования последствий изменения климата для грунтовых вод в отношении отдельных водоносных слоев показывают результаты, сильно зависящие от конкретного места и от конкретной модели климата (например, Eckhardt and Ulbrich, 2003, для водосборного бассейна невысоко в горах в Центральной Европе; Brouyere et al., 2004, для мелового водоносного слоя в Бельгии). Например, в водоносном горизонте в районе Огаллалы по всем модельным расчетам при потеплении на 2,5°C и выше естественное пополнение грунтовых вод сократиться более чем на 20% (Rosenberg et al., 1999). [РГII, 14.4] В результате изменения климата во многих водоносных горизонтах земного шара весеннее пополнение грунтовых вод сместится в направлении сокращения зимнего и летнего пополнения. [РГII, 3.4.2]

[13] Описание моделей см. в приложении I.

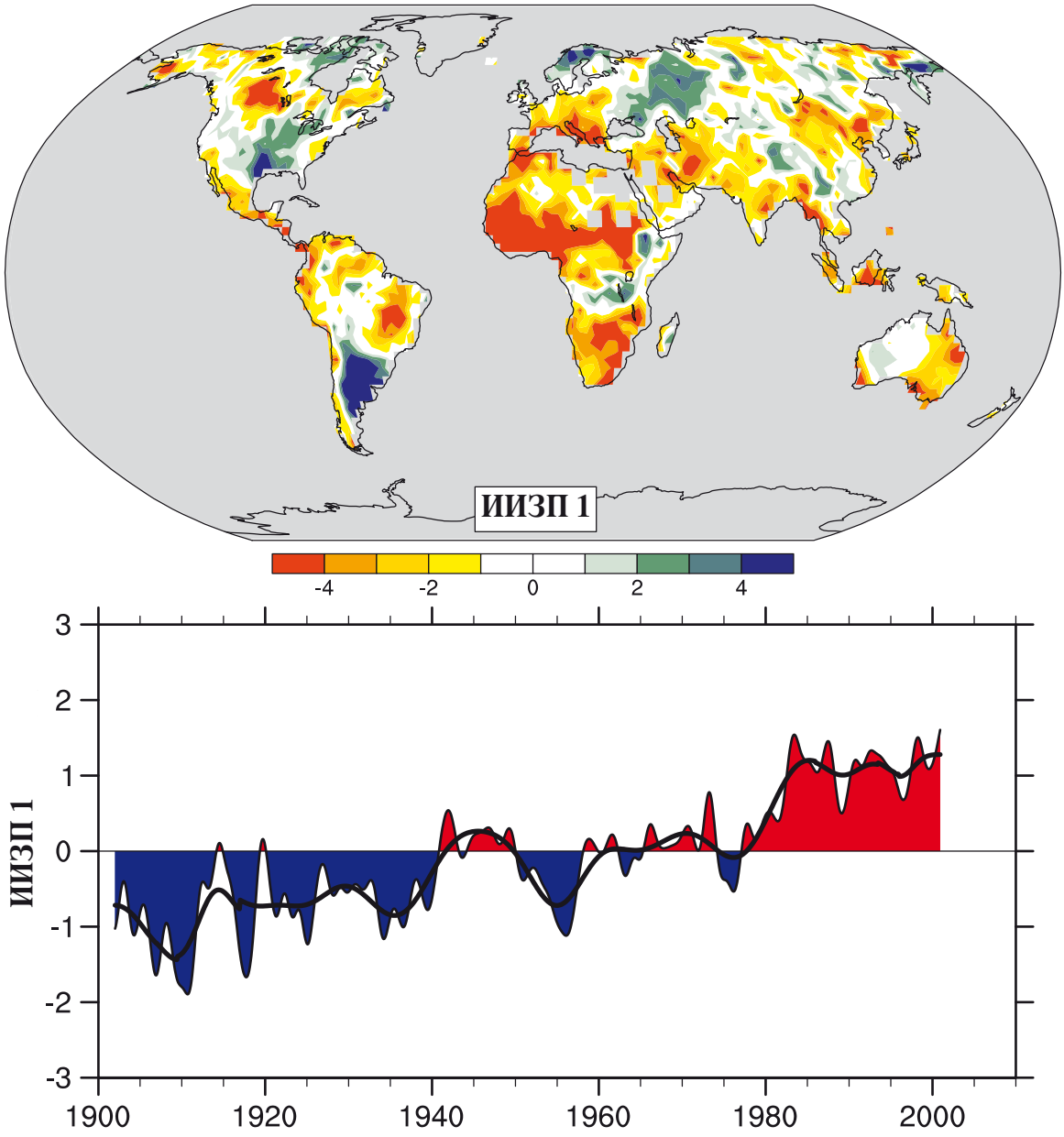


Рисунок 3.1: *Важнейшая пространственная модель (первый компонент анализа главных компонентов; вверху) месячных значений Индекса интенсивности засухи Палмера (ИИЗП) для периода 1900-2002 гг. ИИЗП является индексом засухи, с помощью которого оценивается кумулятивный дефицит (относительно местных средних условий) влаги в поверхностном слое суши посредством включения предшествующих величин осадков и оценок количества влаги, поступившей в атмосферу (на основе температуры атмосферы), в систему гидрологического учета.[14] На нижнем графике показано как знак и интенсивность модели изменились после 1900 г. Когда величины, показанные на нижнем графике, имеют положительный (отрицательный) знак, красным и оранжевым цветом на верхней карте обозначаются более сухие (или более влажные) области, а синим и зеленым цветом более влажные (или сухие) области по сравнению со средними условиями. Сглаженная кривая черного цвета показывает десятилетние колебания. Временной ряд приблизительно соответствует тренду, а доля этой модели и ее колебания в линейном тренде ИИЗП за период 1900-2002гг. для поверхности суши всего земного шара составляет 67%. Она, таким образом, показывает широкомасштабный рост засухи в Африке, особенно, например, в Сахеле. Следует также отметить более влажные области, особенно в восточной части Северной и Южной Америки и северной части Евразии (по материал Dai et al., 2004b). [РГІ, ЧЗВ, 3.2]*

[14] Следует отметить, что ИИЗП не моделирует реалистически засуху в регионах, где осадки удерживаются в толще снежного покрова, например в полярных регионах.

3.2.1.2 Наводнения

Как отмечалось в разделе 2.3.1, согласно проекциям сильные осадки будут выпадать чаще в большинстве районов на протяжении всего XX века. Это повысит опасность внезапных паводков и наводнений в городах. [РГI, 10.3.5, 10.3.6; РГII, 3.4.3] Некоторые потенциальные последствия показаны в табл. 3.2.

При проведении анализа с использованием нескольких моделей Пальмер и Раисанен (Palmer and Raisanen (2002)) прогнозировали значительное повышение опасности очень влажных зим на большей части центральных и северных районов Европы из-за более частого выпадения интенсивных осадков, вызванного штормами в средних широтах. При удвоении концентрации CO_2 ожидается, что вероятность зимних осадков в бореальной зоне, превышающих два среднеквадратичных отклонения от нормального уровня, значительно повысится (в 5-7 раз) на значительной части территории Европы, что будет, *вероятно*, иметь в качестве последствий опасность наступления зимних паводков. Также прогнозируется повышение риска очень влажного сезона муссонов в Азии (Palmer and Raisanen, 2002). По мнению Милли и др. (Milly et al. (2002)), при увеличение концентрации CO_2 в 4 раза ожидается, что в 15 из 16 крупных бассейнов по всему миру контрольные 100-летние пиковые объемы месячного стока будут превышаться чаще. В некоторых районах явление, которое сегодня определяется как 100-летнее наводнение (по результатам контрольного прогона), согласно проекциям, будет наблюдаться значительно чаще, даже

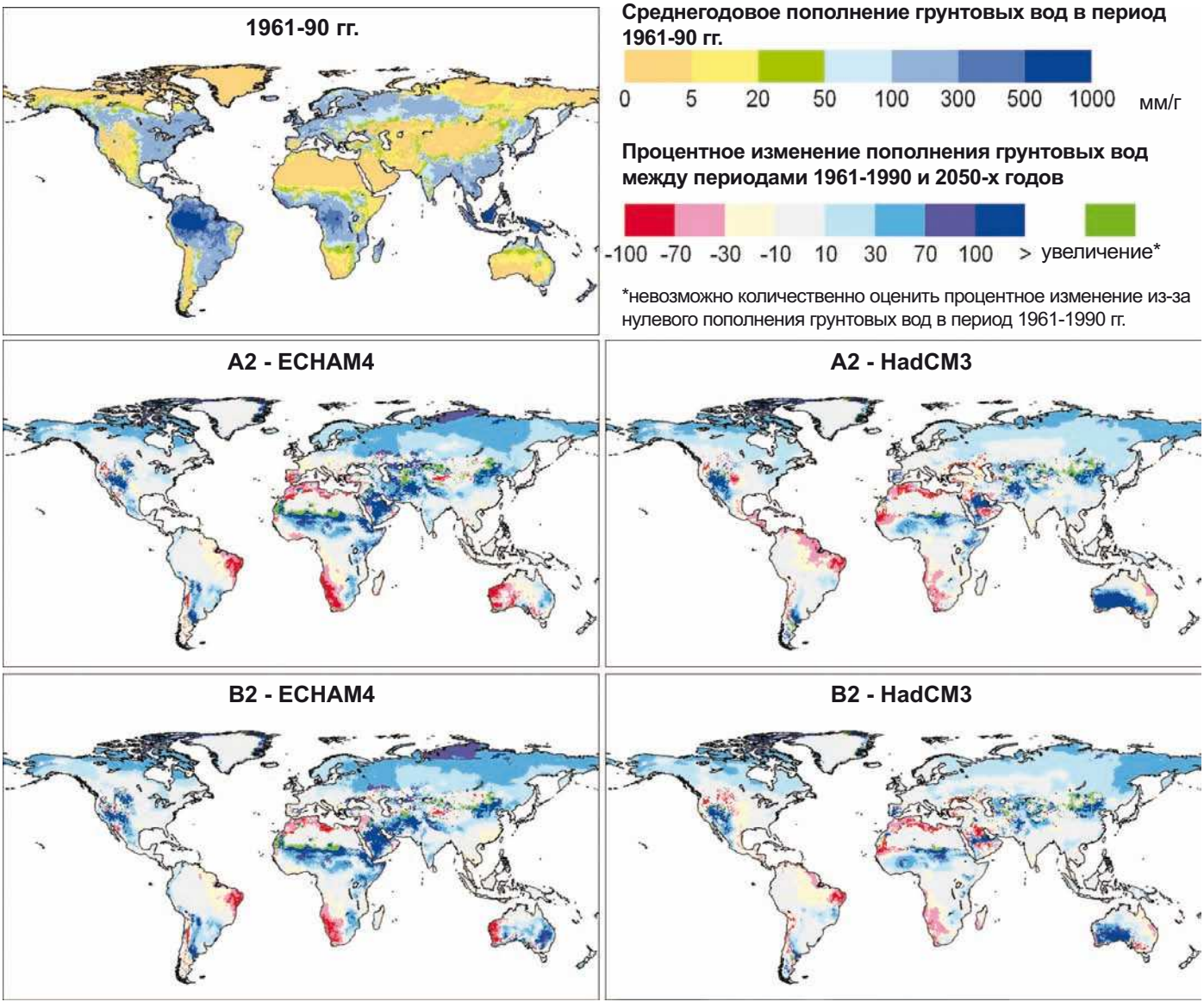


Рис. 3.2: *Смоделированное воздействие изменения климата на долгосрочное среднегодовое пополнение грунтовых вод. Процентное изменение среднего за 30 лет уровня пополнения грунтовых год между периодами 1961-1990 и 2050-х гг. (2041-2070 гг.) по расчетам с использованием глобальной гидрологической модели WGHM применительно к четырем различным сценариям изменения климата (на основе моделей климата ECHAM4 и HadCM3 и сценариев выбросов A2 и B2 СДСВ) (Döll and Flörke, 2005). [РГII, рис.3.5]*

каждые 2-5 лет, хотя эти проекции имеют значительную неопределенность. Во многих районах с умеренным климатом воздействие снеготаяния на весенние паводки, *вероятно*, уменьшится. (Zhang et al., 2005). [РГII, 3.4.3]

На основе моделей климата прогнозируется, что площадь затопления в Бангладеш увеличится по меньшей мере на 23-29% при повышении глобальной температуры на 2°C (Mirza, 2003). [РГII, 3.4.3]

Обусловленное потеплением уменьшение фирнового покрова[15] на ледниках ведет к повышенному и немедленному стоку талой воды, что может стать причиной паводков на реках с ледниковым питанием. [РГII, 3.4.3]

В оценках будущих изменений в частоте наводнений на территории Соединенного Королевства имеется некоторая степень неопределенности. В зависимости

Табл. 3.2: *Примеры возможных последствий изменения климата в результате изменений в экстремальных метеорологических и климатических явлениях, связанных с осадками, на основании проекций на период с середины до конца XXI века. В них не учтено изменение и развитие способности к адаптации. Оценки вероятности в столбце 2 относятся к явлениям, перечисленным в столбце 1. Направление тренда и вероятность явлений указаны для проекций изменения климата, приведенных в СДСВ МГЭИК. [РГI, табл. РП; РГII, табл. РП]*

Явление и направление тренда	Вероятность будущих трендов на основании проекций для XXI века с использова нием сценариев СДСВ	Примеры основных прогнозируемых последствий в разбивке по секторам			
		Сельское хозяйство, лесное хозяйство и экосистемы [4.4, 5.4]	Водные ресурсы [3.4]	Здоровье человека [8.2,]	Промышленность, поселения и общество [7.4]
Случаи выпадения сильных осадков: частота растет в большинстве районов	**Весьма вероятно**	Ущерб сельскохозяйственным культурам; эрозия почвы; невозможность обрабатывать землю из-за заболачивания почв	Неблагоприятные последствия для качества поверхностных и грунтовых вод; загрязнение источников водоснабжения; дефицит воды может быть уменьшен	Повышения риска смертности, травматизма и инфекционных, респираторных и кожных болезней	Нарушение функционирования поселений, торговли, транспорта и общества по причине наводнений; нагрузки на городские и сельские инфраструктуры; потеря имущества
Площадь, затронутая засухой, увеличивается	**Вероятно**	Деградация земель, снижение урожая/частичная потеря урожая и неурожай; повышение уровня смертности скота, повышение риска стихийных пожаров	Более распространенный водный стресс	Повышение риска дефицита продовольствия и воды; повышение риска недоедания; повышение риска заболеваний, передающихся через воду и пищу	Нехватка воды для поселений, промышленности и населения; сокращения потенциала для выработки гидроэлектро-энергии; потенциальные возможности для миграции населения
Интенсивная тропическая циклоническая активность усиливается	**Вероятно**	Ущерб сельскохо-зяйственным культурам; вырывание деревьев с корнями ветром; повреждение коралловых рифов	Перебои энергоснабжения, вызывающие нарушение в снабжении водой для коммунально-бытовых целей	Повышение риска смертности, травматизма, заболеваний, передающихся через воду и пищу; посттравматичес-кие стрессовые расстройства	Разрушения в результате наводнений и сильных ветров; аннулирование частными страховщиками страхования рисков в уязвимых районах; потенциальные возможности для миграции населения; потеря имущества

[a] Для получения более подробной информации, касающейся определений, см табл. 3.7 ДО4 РГ I

[15] Фирн: старый снег (еще пропускающий воду), который находится в переходном состоянии от снега к ледниковому льду (не пропускающему воду).

от используемой модели климата, степени важности снеготаяния, а также особенностей и местоположения водосборного бассейна, воздействие изменения климата на режим наводнений (масштаб и частота) может быть положительным или отрицательным, что подчеркивает, что в проекциях последствий изменения климата по-прежнему остается неопределенность (Reynard et al., 2004). [РГII, 3.4.3]

3.2.1.3 Засухи

Вероятно, что площадь, затронутая засухой, увеличится. [РГI, РП] Наблюдается тенденция к засушливости в средне-континентальных районах летом, что означает повышение риска засух в этих районах. [РГI, 10.Р] Исследование частоты глобальной засухи с использованием одной модели показало, что, согласно полученным проекциям, площадь суши, единовременно подвергаемая воздействию экстремальной засухи, частота экстремальных засух и их средняя продолжительность увеличатся к 2090-м гг., по сценарию А2 СДСВ, в 10-30 раз, в 2 раза и в 6 раз, соответственно (Burke et al., 2006). [РГI, 10.3.6; РГII, 3.4.3] Сокращение количества летних осадков в южной и центральной частях Европы, сопровождаемое ростом температур (в результате которого повышается испаряемость), неизбежно приведет как к сокращению количества почвенной влаги в летний период (см.. Douville et al., 2002; Christensen et al., 2007), так и к более частым и интенсивным засухам. [РГII, 3.4.3] Как показано на рис. 3.3, прогнозируется, что 100-летняя засуха[16] сегодняшнего масштаба будет повторяться в среднем чаще, чем каждые 10 лет, в некоторых частях Испании и Португалии, западной части Франции, в бассейне реки Висла в Польше и

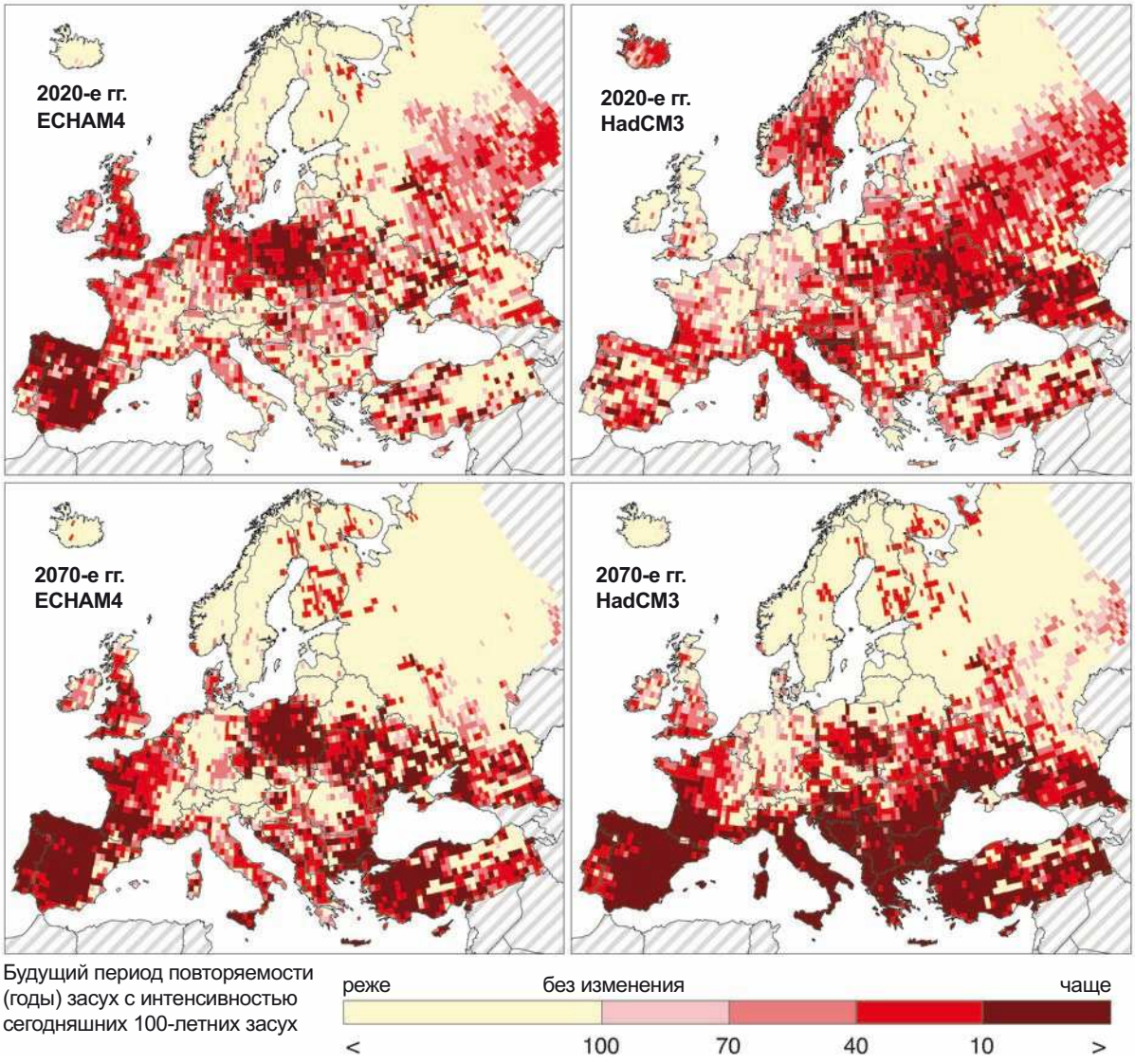


Рис. 3.3: *Изменения повторяемости 100-летних засух в будущем на основе сравнений климата и водопользования в 1961-1990 гг. (Lehner et al., 2005) [РГII, рис.3.6].*

[16] Каждый год шанс превысить 100-летнее наводнение составляет 1%, в то время как шанс превысить 10-летнее наводнение составляет 10%.

в западной части Турции (Lehner et al., 2005). [РГII, 3.4.3] Некоторые последствия увеличения площади, затронутой засухой, показаны в табл.3.2. Согласно проекциям снеготаяние будет начинаться раньше и будет менее обильным, а это может повысить опасность засух в бассейнах рек со снеговым питанием в период низкого стока, т.е. летом и осенью. Повышения риска засухи прогнозируется для регионов, основное водоснабжение которых в сухой период сильно зависит от талой ледниковой воды (Barnett et al., 2005). В Андах с помощью талой ледниковой воды поддерживается речной сток и водоснабжение миллионов людей во время продолжительного сухого периода. Ожидается, что многие небольшие ледники, например в Боливии, Эквадоре и Перу (см. Ramirez et al., 2001; вставка 5.5), исчезнут в следующие несколько десятилетий. Водоснабжение в областях с питанием ледниковой и талой водой, поступающей с Гиндукуш и Гималаев, от которого зависят миллионы людей в Китае, Пакистане и Индии, подвергнется неблагоприятному воздействию. (Barnett et al., 2005). [РГII, 3.4.3]

3.2.1.4 Качество воды

Прогнозируется, что повышение температуры воды, рост интенсивности осадков и более продолжительные периоды низкого стока усугубят многие формы загрязнения воды, включая загрязнение наносами, питательными веществами, растворенным органическим углеродом, патогенами, пестицидами, а также солевое и тепловое загрязнение. Это будет способствовать цветению воды (Hall et al., 2002; Kumagai et al., 2003) и повышению содержания бактерий и грибков (Environment Canada, 2001). Эти процессы в свою очередь окажут воздействие на экосистемы, здоровье человека и надежность водохозяйственных систем и затраты на их эксплуатацию. [РГII, 3.Р]

Повышение температуры, *вероятно*, снизит качество воды в озерах вследствие роста термальной стабильности и изменения режимов перемешивания, что приведет к пониженному содержанию кислорода и повышенному количеству фосфора, выделяемого наносами. Например, уже высокие концентрации фосфора в летнее время в заливе озера Онтарио могут удвоиться с повышением температуры воды на 3-4°C (Nicholls, 1999). Однако повышение температур может также улучшить качество воды в зимний/летний период вследствие более раннего начала ледохода и последующего повышения уровней кислорода и меньшей гибели рыбы зимой. [РГII, 4.4.8, 14.4.1]

Более интенсивные дождевые осадки приведут к повышенному содержанию взвешенных твердых частиц (мутности) в озерах и водохранилищах вследствие эрозии речной почвы (Leemans and Kleidon, 2002), а также в озера и хранилища будут внесены загрязняющие вещества (Mimikou et al., 2000; Neff et al., 2000; Bouraoui et al., 2004). Ожидается, что прогнозируемое усиление интенсивности осадков даст в результате ухудшение качества воды, так как вызовет увеличение переноса патогенов и других загрязняющих веществ (например, пестицидов) в поверхностные и грунтовые воды и повышенную эрозию, которая, в свою очередь, приведет к активации поглощенных загрязняющих веществ, таких, как фосфор и тяжелые металлы. Кроме того, более частое выпадение интенсивных осадков будет чаще создавать перегрузку для пропускной способности канализационных систем и станций обработки воды и очистки сточных вод. [РГII, 3.4.4] Более частые периоды низкого стока приведут к снижению способности к растворению загрязняющих веществ, и, таким образом, к повышению их концентраций, включая патогены. [РГII, 3.4.4, 14.4.1] В районах с общим снижением стока (например в полузасушливых районах) качество воды ухудшится даже еще более заметно.

В полузасушливых и засушливых районах изменение климата, *вероятно*, усилит засоление грунтовых вод в верхних слоях почвы вследствие большей эвапотранспирации. [РГII, 3.4.2] Поскольку прогнозируется, что текущий поток понизится во многих полузасушливых областях, засоление рек и речных устьев усилится. [РГII, 3.4.4] Например ожидается, что уровень солености в верховьях бассейна рек Муррей и Дарлинг в Австралии вырастет к 2050 г. на 13-19% (Pittock, 2003). В целом, сокращение пополнения грунтовых вод, которое уменьшит активацию подземной соли, может уравновесить последствия пониженного растворения солей в реках и речных устьях. [РГII, 11.4]

В прибрежных районах повышение уровня моря может иметь негативные последствия для сбора ливневых вод и сброса сточных [РГII, 3.4.4] и увеличить потенциальные возможности для вторжения соленой воды в пресные грунтовые воды прибрежных водоносных слоев, оказывая, таким образом, негативное воздействие на ресурсы грунтовых вод. [РГII, 3.4.2] По расчетам, проведенным для двух небольших и невысоких коралловых островов у побережья Индии, толщина линз пресной воды уменьшится с 25 м до 10 м и с 36 м до 28 м, соответственно, при подъеме уровня моря всего лишь на 0,1 м. (Bobba et al., 2000). Любое сокращение пополнения грунтовых вод усугубит воздействие повышения уровня моря. В удаленных от моря водоносных горизонтах сокращение пополнения грунтовых вод может привести к вторжению соленой воды из соседних соляных водоносных пластов (Chen et al., 2004). [РГII, 3.4.2]

3.2.1.5 Водяная эрозия и седиментация.

Все исследования эрозии почвы показывают, что рост интенсивности осадков ускорит темпы эрозии. [РГII, 3.4.2] Кроме того, смещение зимних осадков в результате повышения зимних температур от снега, вызывающего меньшую эрозию, к дождю, вызывающему большую эрозию, усилит эрозию, что приведет, например, к негативным последствиям для качества воды в сельскохозяйственных районах. [РГII, 3.4.5, 14.4.1]

Оттаивание в районах вечной мерзлоты ведет к тому, что почва переходит из состояния ее неподверженности эрозии к состоянию подверженности эрозии. [РГII, 3.4.5]. Дальнейшие косвенные последствия изменения климата для эрозии связаны с изменениями в почвенном и растительном покрове, вызванными изменением климата и соответствующими мерами по адаптации. [РГII, 3.4.5] Очень немногочисленные исследования влияния изменения климата на перенос наносов показывают, что объем переноса увеличится из-за усиления эрозии, особенно в районах с увеличившимся стоком. [РГII, 3.4.5]

3.2.2 Неклиматические факторы воздействия на пресноводные системы в будущем

Многие неклиматические факторы затрагивают пресноводные ресурсы в глобальном масштабе (ООН, 2003). На количество, также как и на качество водных ресурсов, влияют изменения в землепользовании, строительство водохранилищ и регулирование их работы, выбросы загрязняющих веществ, обработка воды и очистка сточных вод. Водопользование обусловлено изменениями в численности населения, потреблении продовольствия, экономике (включая установление цены на воду), технологии, образе жизни и общественном мнении относительно ценности пресноводных экосистем. Уязвимость пресноводных систем для изменения климата также зависит от управления водными ресурсами на национальном и международном уровне. Можно ожидать, что во всем мире все больше будут руководствоваться принципом «комплексного использования водных ресурсов» (КИВР)[17] (ООН, 2002 г.; Всемирный банк, 2004a; Всемирный совет по водным ресурсам, 2006 г.) и что эта концепция обладает потенциальными возможностями для того, чтобы проблемы воды, как ресурса, так и экосистемы, стали центральным элементом процесса по выработке политики. Это, *вероятно*, понизит уязвимость пресноводных систем для изменения климата. Учет требований экологического дебита может привести к изменению правил эксплуатации водохранилищ с тем, чтобы использование человеком водных ресурсов водохранилищ можно было бы ограничить. [РГII, 3.3.2]

3.2.3 Последствия изменения климата для обеспеченности пресной водой в будущем

Что касается водоснабжения, то *весьма вероятно*, что в глобальном масштабе связанные с изменением климата затраты превзойдут выгоды. Одна из причин заключатся в том, что, *весьма вероятно*, изменчивость осадков увеличится, и, как указано в разделах 2.1.6 и 2.3.1, ожидаются более частые наводнения и засухи. Риск засух в бассейнах с питанием рек за счет снеготаяния в период низкого стока увеличится, как указано в разделе 3.2.1. Последствия наводнений и засух можно смягчить посредством соответствующих инвестиций в инфраструктуру и изменений в регулировании водо- и землепользования, но такие меры влекут за собой затраты (Программа по исследованиям глобального изменения климата, США). Водохозяйственная инфраструктура, модели использования воды и соответствующие учреждения развивались в контексте сегодняшних условий. Любое существенное изменение в частоте наводнений и засух или количестве, качестве и сезонных сроках обеспеченности водой потребует корректировок, которые могут быть дорогостоящими не только в денежном отношении, но и с точки зрения социальных и экологических последствий, включая необходимость регулирования потенциальных конфликтов между группами, имеющими разные интересы (Miller et al., 1997). [РГII, 3.5]

Гидрологические изменения могут иметь последствия, которые являются положительными, с одной стороны, и отрицательными, с другой. Например, увеличение объема годового стока может принести выгоды для разных водопользователей, как в пределах, так и вне русла реки, в связи с увеличением возобновляемых водных ресурсов, но также может принести вред в связи с повышения риска наводнений. В последние десятилетия тенденция к увеличению осадков в некоторых частях южных районов Южной Америки привела, с одной стороны, к увеличению площади территории, затопляемой наводнениями, а с другой – к повышению урожайности в области Пампасы в Аргентине и предоставлению новых возможностей для промышленного рыболовства (Magrin et al., 2005). [РГII, 13.2.4] Увеличение стока может также нанести вред районам с неглубоким уровнем грунтовых вод. В таких районах подъем уровня грунтовых вод может помешать сельскому хозяйству и повредить здания в городских районах. В России, например, текущий годовой ущерб от неглубокого уровня грунтовых вод оценивается в 5-6 млрд долларов США (Kharkina, 2004) и, *вероятно*, увеличится в будущем. Кроме того, увеличение объема годового стока не может привести к выгодному увеличению числа легкодоступных водных ресурсов, если этот дополнительный сток будет приходиться только на период высокого стока. [РГII, 3.5]

Рост интенсивности осадков может стать причиной периодической повышенной мутности поверхностных вод и повышенной концентрации в них питательных веществ и патогенов. Компания коммунального водоснабжения, обслуживающая Нью-Йорк, определила выпадение сильных осадков в качестве одной из основных проблем, связанных с изменением климата, потому что из-за сильных осадков уровень мутности в некоторых основных водоемах города может превысить установленные законом нормы качества воды при заборе из источника в 100 раз, что потребует значительных дополнительных затрат на очистку и мониторинг (Miller and Yates, 2006). [РГII, 3.5.1]

3.2.4 Последствия изменения климата для спроса на пресную воду в будущем

Повышение температур и усиление изменчивости осадков приведут, в целом, к росту спроса на воду для орошения, даже если суммарное количество осадков во время периода вегетации останется прежним. Воздействие изменения климата на оптимальные вегетационные периоды и на использование воды для орошения с целью получения максимального урожая было смоделировано исходя из предположения о том, что площадь орошения и/или изменчивость климата остаются неизменными (Döll, 2002; Döll et al., 2003). На основе сценариев A2 и B2 СДСВ

[17] Преобладающая концепция водохозяйственной деятельности, которая, однако, однозначно не определена. КИВР основано на четырех принципах, сформулированных *Международной конференцией по воде и окружающей среде* (Дублин, 1992): (1) пресная вода – ограниченный и уязвимый ресурс, необходимый для сохранения жизни, развития и окружающей среды; (2) улучшение состояния водных ресурсов и управление ими должны опираться на совместные усилия пользователей, разработчиков планов и политиков на всех уровнях; (3) женщины играют главную роль в снабжении водой, управлении водными ресурсами и их защите; (4) вода имеет большую ценность для экономики во всех ее конкурирующих областях и должна признаваться экономическим благом.

МГЭИК, интерпретированных с помощью двух моделей климата, было спрогнозировано, что к 2020 г. чистые потребности в орошении в Китае и Индии - странах с самыми большими в мире орошаемыми территориями, изменятся в диапазоне от +2% до +15% в Китае и от - 6% до +5% в Индии, в зависимости от сценариев выбросов и модели климата. (Döll, 2002; Döll et al., 2003). Разные модели климата прогнозируют разные изменения чистых потребностей в орошении по всему миру, при этом, по оценкам, увеличение этих потребностей будет колебаться от 1-3% к 2020-м гг. до 2-7% к 2070-м годам. Самое большое увеличение чистых потребностей в орошении в глобальном масштабе происходит согласно климатическому сценарию, основанному на сценарии выбросов B2. [РГII, 3.5.1]

В результате исследования орошения кукурузы в Иллинойсе в условиях, направленных на максимизацию прибыли, было определено, что 25-процентное сокращение годового количества осадков окажет такое же воздействие на рентабельность орошения, как и 15-процентное снижение в сочетании с удвоением среднеквадратичного отклонения в суточном количестве осадков (Eheart and Tornil, 1999). Это исследование также показало, что использование воды для орошения, направленное на максимизацию выгоды, заметнее реагирует на изменения в количестве осадков, чем использование воды для орошения, направленное на максимизацию урожая, и что удвоение концентрации CO_2 в атмосфере дает лишь небольшой эффект. [РГII, 3.5.1]

Увеличение спроса на воду для коммунально-бытовых (например, вследствие увеличения водопотребления для полива садов) и промышленных нужд в результате изменения климата, *вероятно*, будет довольно небольшим, например в некоторых выборочных местах оно составит к 2050-м гг. менее 5% (Mote et al., 1999; Downing et al., 2003). Косвенный, но небольшой добавочный эффект будет заключаться в увеличении потребности в электрической энергии для охлаждения зданий, что приведет к увеличению забора воды для охлаждения теплоэлектростанций. Статистический анализ водопотребления в Нью-Йорке показал, что суточное потребление воды в расчете на душу населения в дни, когда температура превышает 25°C, увеличивается на 11 литров/°C (приблизительно 2% текущего суточного потребления в расчете на душу населения) (Protopapas et al., 2000). [РГII, 3.5.1]

3.2.5 Последствия изменения климата для водного стресса в будущем

Глобальные оценки числа людей, живущих в районах, подверженных водному стрессу, существенно различаются в разных исследованиях (Vorosmarty et al., 2000; Alcamo et al., 2003a,b, 2007; Oki et al., 2003; Arnell, 2004). Тем не менее, изменение климата является лишь одним из многих факторов, которые повлияют на водный стресс в будущем; демографические, социально-экономические и технологические изменения возможно играют более важную роль в большинстве временных масштабов и в большинстве регионов. В 2050-х гг. различия в проекциях численности населения по четырем сценариям СДСВ МГЭИК окажут большее воздействие на численность населения, живущего в подверженных водному стрессу речных бассейнах, чем различия в сценариях климата (Arnell, 2004). Численность населения, живущего в подверженных водному стрессу речных бассейнах, значительно увеличится (табл. 3.3). Изменение численности населения, которое, согласно проекциям, будет жить в условиях водного стресса после 2050-х гг., в значительной мере зависит от выбранного сценария СДСВ. Существенно увеличение этой численности прогнозируется по сценарию A2, в то время как по сценариям A1 и B1 темпы увеличения ниже в связи с глобальным ростом возобновляемых ресурсов пресной воды и небольшим сокращением численности населения (Oki and Kanae, 2006). Следует отметить, что если использовать показатель водообеспеченности в расчете на душу населения, то окажется, что изменение климата снижает суммарный водный стресс на глобальном уровне. Это объясняется тем, что увеличение объемов стока в первую очередь сконцентрировано в наиболее густонаселенных районах Земного шара, в основном в Восточной и Юго-Восточной Азии. Однако с учетом того, что увеличение стока происходит, в основном, в сезоны высокого стока (Arnell, 2004), это может не смягчить проблем сухих сезонов, если не будут сделаны дополнительные запасы воды, и не ослабит водный стресс в других районах мира. Изменения в сезонном характере и растущая вероятность экстремальных явлений могут уравновесить эффекты увеличения годового объема имеющихся ресурсов пресной воды и демографических изменений. [РГII, 3.5.1]

Если оценивать водный стресс не только как функцию численности населения и изменения климата, но и как функцию изменяющегося водопользования, то возрастает значение неклиматических факторов (доходы, эффективность использования воды, продуктивность водных ресурсов и промышленное производство) (Alcamo et al., 2007). Рост доходов иногда оказывает большее влияние на увеличение водопользования и водный стресс, чем рост населения (если его выражать через соотношение забор воды/ водные ресурсы). По

Табл. 3.3 *: Влияние роста населения и изменения климата на численность населения, живущего в подверженных водному стрессу речных бассейнах (бассейн подвержен водному стрессу, когда возобновляемые водные ресурсы в расчете на душу населения составляют менее 1000 м3/г) примерно в 2050 г. [РГII, табл. 3.2]*

	Оценочная численность населения в речных бассейнах, подверженных водному стрессу, в 2050 г (в млрд чел)	
	Arnell (2004)	**Alcamo et al. (2007)**
1995 г.: исходные условия	1,4	1,6
2050 г.: сценарий выбросов A2	4,4–5,7	6,4–6,9
2050 г.: сценарий выбросов B2	2,8–4,0	4,9–5,2

Оценки основаны на сценариях выбросов для нескольких прогонов модели климата. Предела определяются различными моделями климата и прогонами моделей, которые использовались для преобразования показателей выбросов в сценарии климата.

результатам моделирования водный стресс к 2050-м гг. снизится на 20-29% и повысится на 62-76% общей территории суши (исходя из данных двух моделей климата и сценариев A2 и B2 СДСВ). Наличие большего количества воды вследствие увеличения количества осадков является основной причиной снижения водного стресса, в то время как заборы воды являются основной причиной его повышения. Было определено, что увеличение использования воды для коммунально-бытовых целей, стимулируемое ростом доходов, является доминирующим (Alcamo et al., 2007). [РГII, 3.5.1]

3.2.6 Последствия изменения климата для затрат и других социально-экономических аспектов, связанных с пресной водой

Количество воды, доступное для забора, зависит от стока, пополнения грунтовых вод, характеристик водоносных слоев (степень изолированности, глубина, толщина и границы), качества воды и инфраструктуры водоснабжения (например, водохранилища, насосные скважины и распределительные сети). Безопасный доступ к питьевой воде больше зависит от уровня водохозяйственной инфраструктуры, чем от объема стока. Однако достижение цели, заключающейся в улучшении безопасного доступа к питьевой воде, будет труднее в районах, где объем стока и/или пополнения грунтовых вод уменьшается в результате изменения климата. Кроме того, изменение климата ведет к дополнительным затратам для сектора водоснабжения, например в связи с меняющимися уровнями воды, затрагивающими инфраструктуру водоснабжения, что может, вероятно, препятствовать расширению услуг по водоснабжению для охвата большего числа людей. Это, в свою очередь, ведет к ярко выраженным социально-экономическим последствиям и последующим затратам, особенно в районах, где существующий водный стресс также усилился в результате изменения климата. [РГII, 3.5.1]

Вызванные изменением климата изменения как в режиме сезонного стока, так его межгодовой изменчивости, могут иметь такое же важное значение для обеспеченности водой, как и изменения в долгосрочном среднегодовом уровне стока (Программа по исследованиям глобального изменения климата, США, 2000 г.). На людей, живущих в бассейнах рек, пополняемых за счет снеготаяния, в которых зимой наблюдается снижение запасов снега, негативное влияние может оказать снижение объемов летнего и осеннего речного стока (Barnet et al., 2005). Например Рейн может пострадать в результате сокращение в летний период низких стоков на 5-12% к 2050-м годам, что отрицательно скажется на водоснабжении, в частности для теплоэлектростанций (Middelkoop et al., 2001). Исследования бассейна реки Эльба показали, что, согласно проекциям, объем нынешней эвапотранспирации к 2050 г. увеличится (Krysanova and Wechsung, 2002), в то время как речной сток, пополнение грунтовых вод, урожайность и загрязнение из рассредоточенных источников, *вероятно*, уменьшатся (Krysanova et al., 2005). [РГII, 3.5.1]

В западной части Китая в результате более раннего начала весеннего снеготаяния и уменьшения массы ледников, *вероятно*, сократится предоставление воды для орошаемого сельского хозяйства. Для Китая была проведена оценка инвестиций и эксплуатационных расходов на дополнительные скважины и водохранилища, необходимые для гарантированного водоснабжения в условиях изменения климата. Расходы низкие в бассейнах, где сегодняшний уровень водного стресса низкий (например, Янцзы), и высокие там, где уровень водного стресса высокий (например, река Хуанхэ) (Kirshen et al., 2005a). Кроме того, влияние изменения климата на расходы на водоснабжение в будущем будет расти не только из-за более сильного изменения климата, но и в связи с ростом спроса. [РГII, 3.5.1]

В зоне одного из водоносных слоев в Техасе прогнозируется, что в связи с уменьшением водоснабжения на цели орошения и увеличением спроса на воду для орошения к 2030-м гг. чистый доход фермеров снизится на 16-30%, а к 2090 гг. – на 30-45%. Совокупная чистая прибыль снизится, поскольку, согласно оценкам, использование воды (в основном для коммунально-бытовых и промышленных нужд) за тот же период сократится менее чем на 2% (Chen et al., 2001). [РГII, 3.5.1]

Если в связи с изменением климата пресную воду придется заменять опресненной водой, то тогда затраты, связанные с изменением климата, будут включать и среднюю стоимость опреснения, которая в настоящее время составляет для морской воды приблизительно 1 долл. США/м^3, а для солоноватой воды - 0,60 долл. США/м^3 (Zhou and Tol, 2005). Стоимость хлорирования пресной воды составляет приблизительно 0,02 долл. США/м^3. В густонаселенных прибрежных районах Египта, Китая, Бангладеш, Индии и Юго-Восточной Азии (ФАО, 2003 г.) затраты на опреснение могут быть непомерно высокими. В этих районах, особенно в Египте, для сокращения расходов необходимо проводить исследования по разработке новой технологии опреснения, в особенности с использованием нетрадиционных источников энергии, которые характеризуются более низкими уровнями выбросов парниковых газов. Кроме того, опреснение солоноватой воды может улучшить экономические показатели таких проектов (см. раздел 4.4.4). [РГII, 3.5.1]

Ущерб от наводнений в будущем будет в значительной мере зависеть от типа поселений, решений в области землепользования, качества прогнозирования наводнений, систем предупреждения и реагирования, ценности сооружений и другой собственности, находящихся в уязвимых районах (Mileti, 1999; Pielke and Downton, 2000; Changnon, 2005), а также от самих климатических изменений, таких, как изменения в частоте тропических циклонов (Schiermeier, 2006). [РГII, 3.5.2]

Влияние изменения климата на ущерб от наводнений можно прогнозировать на основе смоделированных изменений в интервале повторяемости сегодняшних 20-летних или 100-летних наводнений в сочетании с данными об ущербе от наблюдаемых в настоящее время наводнений, полученных на основе соотношения между приходом и расходом воды и подробной информации о собственности. При использовании такой методологии прогнозируется, что среднегодовой прямой ущерб от наводнений для трех австралийских дренажных бассейнов

увеличится в 4-10 раз при удвоении концентраций CO_2 (Schreider et al., 2000). [РГII, 3.5.2]

Чои и Фишер (Choi and Fisher (2003)) оценили ожидаемые изменения в размере ущерба от наводнений для отдельных районов США по двум сценариям изменения климата, согласно которым средняя сумма годовых осадков увеличилась на 13,5% и на 21,5%, соответственно, при этом среднеквадратическое отклонение годового количества осадков либо не менялось, либо увеличивалось пропорционально средней величине отклонения. Расчеты по структурной эконометрической модели (модели регрессии) на основе временного ряда данных об ущербе от наводнений с использованием в качестве предикторов показателей численности населения, благосостояния населения и годового количества осадков показали, что средняя величина отклонения и среднеквадратическое отклонение в размере ущерба от наводнений увеличатся более чем на 140%, если средняя величина отклонения и среднеквадратическое отклонение в годовом количестве осадков увеличатся на 13,5%. Такие расчеты показывают, что ущерб от наводнений в первую очередь связан с подверженностью населения стихийным опасным явлениям из-за отсутствия социальной инфраструктуры, так как объяснительная сила модели, включающей показатели численности населения и благосостояния населения, составляет 82%, в то время как при добавлении показателя осадков она увеличивается до 89%. [РГII, 3.5.2]

В другом исследовании рассматривались последствия изменений в выпадении сильных осадков для потенциального ущерба от наводнений, при этом использовалась модель Канадского климатического центра и сценарий IS92a для района Большого Бостона в северо-восточной части США (Kirshen et al., 2005b). В результате исследования установлено, что без инвестиций на адаптацию как количество объектов собственности, пострадавших от наводнений, так и общий размер ущерба от наводнений к 2010 г. удвоятся по сравнению с тем, что можно было бы ожидать при отсутствии изменения климата. Также установлено, что связанные с наводнениями задержки в осуществлении транспортных перевозок в течение столетия будут становиться все более значительным неудобством. По результатам исследования было сделан вывод о том, что экономический размер ущерба от наводнений достаточно высок для обоснования крупных расходов на стратегии по адаптации, такие, как создание универсальной системы противопаводковой защиты в поймах рек. [РГII, 3.5.2]

Такие выводы также подкрепляются результатами исследования ущерба от паводков на реках и затопления прибрежных территорий в Англии и Уэльсе в 2080-х гг., в рамках которого четыре сценария выбросов были объединены с четырьмя сценариями социально-экономических изменений по типу СДСВ (Hall et al., 2005). По всем сценариям прогнозируется, что ущерб будет расти, если не внести изменения в политику, практику и инфраструктуру регулирования паводков. К 2080-м гг. годовой ущерб по сценарию B1 вырастет до 5 млрд фунтов стерлингов по сравнению с 1 млрд фунтов стерлингов сегодня, в то время как приблизительно с тем же изменением климата по сценарию B2 он вырастет только до 1,5 млрд фунтов стерлингов. Оба сценария, как B1, так и B2, дают приблизительно одинаковые результаты, если полученные цифры стандартизировать с учетом валового внутреннего продукта. По сценарию A1 годовой ущерб к 2050-м гг. составит 15 млрд фунтов стерлингов, а к 2080-м гг. – 21 млрд фунтов стерлингов (Evans et al., 2004; Hall et al., 2005). [РГII, 3.5.2]

Увеличение продолжительности периодов наводнений в будущем может чаще служить причиной сбоев в судоходстве, а продолжительность периодов низкого стока, во время которых ограничена погрузка судов, увеличится. Например, период ограничений на погрузку судов на реке Рейн может увеличиться с 19 дней в условиях сегодняшнего климата до 26-34 дней в 2050-х гг. (Middelkoop et al., 2001). [РГII, 3.5.1]

Изменение климата, *вероятно*, изменит расход воды в реках, что будет иметь важные последствия для использования воды в пределах русла рек, в частности для выработки гидроэнергии. Оценка последствий для гидроэнергетики Европы проводилась с использованием макромасштабной гидрологической модели. Результаты показывают, что к 2070-м гг. потенциал выработки электроэнергии гидроэлектростанциями по состоянию на конец XX века возрастет (при условии выбросов по сценарию IS92a) на 15-30% в Скандинавии и северной части России, где в настоящее время от 19% (Финляндия) до почти 100% (Норвегия) электроэнергии дает гидроэнергетика (Lerner et al., 2005). Для Португалии, Испании, Украины и Болгарии, где в настоящее время от 10% (Украина, Болгария) до 39% электроэнергии дает гидроэнергетика, прогнозируется снижение потенциала гидроэнергетики на 20-50%. В целом для Европы (где доля гидроэнергетики в выработке электроэнергии составляет 20%) к 2070-м гг. прогнозируется снижение потенциала гидроэнергетики на 7-12%. [РГII, 3.5.1]

В Северной Америке потенциальное сокращение оттока воды из Великих озер может привести к значительным экономическим потерям в результате уменьшения выработки гидроэнергии на Ниагаре и реке Святого Лаврентия (Logren et al., 2002). Согласно проекции, подготовленной с использованием модели CGCM1, при глобальном потеплении на 2°C выработка гидроэлектроэнергии на реках провинции Онтарио Ниагара и Святого Лаврентия снизится на 25-35%, что приведет к ежегодным потерям на сумму 240-350 млн канадских долларов в ценах 2002 г. (Buttle et al., 2004). Однако расчеты по модели климата HadCM3[18] показали небольшое повышение потенциала гидроэнергетики (+3%), что составляет примерно 25 млн канадских долларов в год. Результаты другого исследования, в котором использовался ряд сценариев на основе моделей климата, показали, что глобальное потепление на 2°C может сократить выработку гидроэнергии на реке Святого Лаврентия на 1-17% (LOSLR, 2006). [РГII, 3.5.1]

[18] Описания моделей см. в приложении I.

3.2.7 Пресноводные районы и сектора, особо уязвимые для изменения климата

Во многих районах земного шара последствия изменения климата для ресурсов пресной воды могут затрагивать устойчивое развитие и подвергать риску, например, меры по уменьшению масштабов нищеты и детской смертности. Даже при оптимальном управлении водными ресурсами, *весьма вероятно*, не удастся избежать отрицательных последствий для устойчивого развития. На рис. 3.4 показан ряд ключевых примеров по всему миру, когда последствия изменения климата для пресноводных ресурсов представляют угрозу для устойчивого развития в затронутых регионах. Большей частью устойчивое управление водными ресурсами пытаются осуществлять посредством комплексного использования водных ресурсов (КИВР: определение см. в сноске 17). Однако точная интерпретация этого термина колеблется в значительных пределах. Все определения непосредственно включают концепцию сохранения и улучшения окружающей среды, и особенно водной среды, с учетом интересов конкурирующих водопользователей и состояния экосистем и водно-болотных угодий в пределах русла рек. В них также принимаются во внимание более широкие последствия водохозяйственной политики для окружающей среды, такие, как последствия водохозяйственной политики для землеустройства, и, наоборот, последствия политики в области землеустройства для водной среды. Регулирование водопользования является важным компонентом рационального использования воды с целью обеспечения устойчивых водных ресурсов для ряда политических, социально-экономических и административных систем (GWP, 2002; Eakin and Lemos, 2006). [РГII, 3.7]

3.2.8 Неопределенности в проекциях последствий изменения климата для пресноводных систем

Неопределенности в последствиях изменения климата для водных ресурсов обусловлены главным образом неопределенностью в количестве осадков и, в меньшей степени, неопределенностями в выбросах парниковых газов (Döll et al., 2003; Arnell, 2004), в чувствительности климата к воздействиям (Prudhomme et al., 2003) или в самих гидрологических моделях (Kaspar, 2003). Следующий источник неопределенности, касающейся проецируемых последствий изменения климата для водных ресурсов, связан с характером, масштабом и относительным успехом тех инициатив и мер, которые уже запланированы в качестве ответных действий. Последствия, показанные на рис.3.4, будут наступать по-разному в зависимости

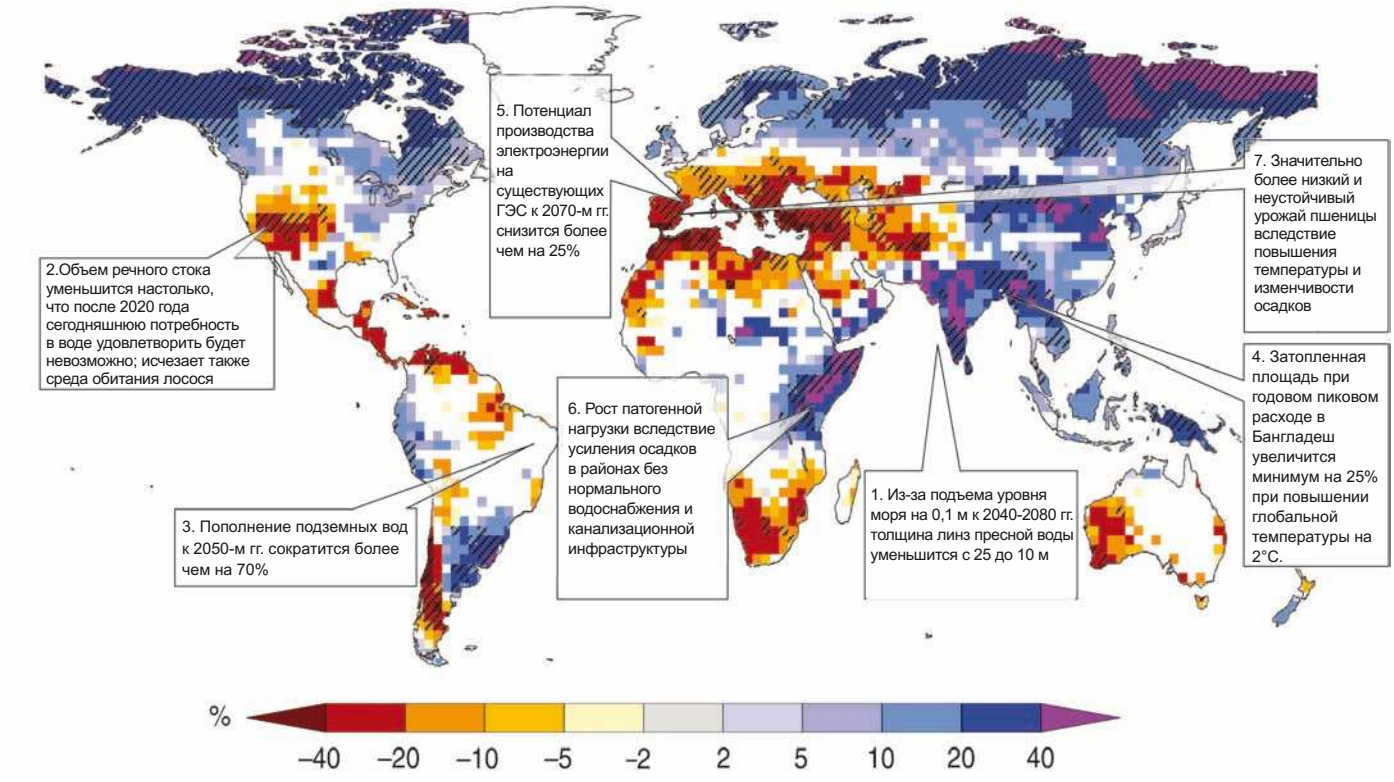


Рис.3.4: *Иллюстративная карта будущих последствий изменения климата для пресной воды, которые являются угрозой устойчивому развитию затронутых регионов. 1: Bobba et al. (2000), 2: Barnet et al. (2004), 3: Döll and Flörke (2005), 4: Mirza et al. (2003), 5: Lerner et al. (2005), 6: Kistemann et al. (2002), 7: Porter and Semenov (2005). Справочная карта, см. рис.2.10: Ансамблевое среднее изменение годового стока (%) между периодами 1980-1999 гг. и 2090-2099 гг. по сценарию выбросов A1B СДСВ (на основе данных Milly et al., 2005). Синим (красным) цветом обозначено увеличение (уменьшение) годового стока. [На основе РГII, рис.3.8, и ОД, рис. 3.5]*

от предпринятых мер по адаптации. Обратные связи, обусловленные мерами по адаптации к изменению климата, не в полной мере учтены в сегодняшних предсказаниях на будущее, таких, как более продолжительный вегетационный период сельскохозяйственных культур, дополнительное регулирование речного стока с увеличением запаса воды в водохранилищах. Сравнение разных источников неопределенности в статистических данных о наводнениях, полученных по двум водосборным бассейнам Соединенного Королевства (Kay et al., 2006a), привело к заключению о том, что самым крупным источником неопределенности является структура МОЦ, затем следуют сценарии выбросов и гидрологическое моделирование. Аналогичные заключения были сделаны Прудомом и Дэвиесом (Prudhomme and Davies (2006)) в отношении статистических данных по среднемесячному стоку и низкому стоку в Великобритании. [РГII, 3.3.1]

При оценке неопределенности в последствиях изменения климата для водных ресурсов предпочтительнее использовать вероятностные методы с применением нескольких моделей вместо выходных данных одной климатической модели. После ТДО в ряде исследований гидрологических последствий использовались данные нескольких моделей климата (например, Арнелл (Arnell (2004)) для оценки последствий в глобальном масштабе и Джаспер и др. (Jasper et al. (2004)) для оценки последствий в масштабе речного бассейна), но исследования с использованием вероятностных оценок проводятся редко. [РГII, 3.3.1]

Во многих исследованиях временные ряды наблюдаемых климатических величин корректировались посредством рассчитанного изменения в климатических переменных, чтобы получить сценарии, согласующиеся с сегодняшними условиями. Цель этих корректировок заключается в том, чтобы минимизировать последствия ошибки в моделировании климата с помощью МОЦ, при условии, что погрешности в моделировании климата имеют одинаковую величину для текущих и будущих сроков прогнозирования. Это особенно важно для проекций осадков, где различия между величинами, полученными путем наблюдения, и величинами, рассчитанными с помощью климатических моделей, существенны. [РГII, 3.3.1]

Изменения в межгодовой или суточной изменчивости климатических переменных часто не учитываются в исследованиях гидрологических последствий. Это ведет к недооценке будущих наводнений и засух, а также водообеспеченности и потребностей в воде для орошения. [РГII, 3.3.1] Выбор показателей и пороговых значений для количественной оценки влияния изменения климата на водные ресурсы также является источником неопределенности.

Для преодоления несоответствия пространственных масштабов сетки между МОЦ и гидрологическим процессами были разработаны методы уменьшения масштаба выходной продукции МОЦ, чтобы получить более высокое пространственное (и временное) разрешение. [РГI, ТДО, глава 10] При этой методике исходят из предположения о том, что статистические связи, выявленные для нынешнего климата, останутся в силе после изменений будущих условий. Методы уменьшения масштаба могут позволить разработчикам моделей учесть суточную изменчивость в будущих изменениях (например, Диас-Ньето и Уилби (Diaz-Nieto and Wilby, 2005)) и применить вероятностную схему для подготовки информации по будущим речным стокам для планирования водных ресурсов (Wilby and Harris, 2006). Такие подходы помогают сравнить различные источники неопределенности, влияющие на проекции водных ресурсов. [РГII, 3.3.1]

Работа по количественной оценке последствий связанных с климатом изменений в водных ресурсах затрудняется недостатком данных и тем фактом, что на эти оценки сильно влияют как методы оценки, так и различные допущения относительно распределения изменений в обеспеченности водой между различными видами водопользования, например между использованием воды для сельского хозяйства, городских нужд и в пределах русла (Changnon, 2005; Schlenker et al., 2005; Young, 2005). [РГII, 3.5]

3.3 Связанная с водными ресурсами адаптация к изменению климата: обзор

Управляющим водохозяйственной деятельностью приходится в течение долгого времени иметь дело с меняющимся спросом на водные ресурсы. До сих пор управляющие водохозяйственной деятельностью в основном предполагали, что база природных ресурсов в среднесрочной перспективе остается постоянной и что, таким образом, прошлый опыт в области гидрологии обеспечит хорошее руководство для работы в будущих условиях. Изменение климата подвергает сомнению это традиционное предположение и может внести изменения в системы управления водным хозяйством. [РГII, 3.6.1] Реагирование в области управления водохозяйственной деятельностью на изменение климата может включать разработку новых подходов к оценке и проектированию систем, а также неструктурные методы, основанные на таких механизмах, как Рамочная директива Европейского Союза по воде. [РГII, 12.2.2]

В табл. 3.4 кратко обобщаются варианты адаптации, ориентированные на спрос и предложение и разработанные для обеспечения водоснабжения в обычных условиях и в условиях засухи. Варианты, ориентированные на предложение, как правило предполагают увеличение полезного объема водохранилищ или забора воды из водотоков и, таким образом, могут иметь неблагоприятные последствия для окружающей среды. Вариантам, ориентированным на спрос, может не хватать практической эффективности, потому что они опираются на совместные действия отдельных лиц. Некоторые варианты могут не соответствовать мерам по смягчению последствий, потому что предполагают высокий уровень потребления энергии, например опреснение, выкачивание.

Часто проводят различие между автономной и плановой адаптацией. *Автономная адаптация* – это адаптация,

Табл. 3.4: *Некоторые варианты адаптации водоснабжения, ориентированные на предложение и спрос (перечень не является исчерпывающим). [РГII, табл. 3.5]*

Ориентированные на предложение	Ориентированные на спрос
Разведка и извлечение грунтовых вод	Повышение эффективности водопользования посредством повторного использования воды
Увеличение емкостей посредством строительства водохранилищ и плотин	Сокращение спроса на воду для орошения посредством изменения сроков выращивания культур, их ассортимента, метода орошения и размеров возделываемой площади
Опреснение морской воды	Сокращение спроса на воду для орошения посредством импорта сельскохозяйственных продуктов, т.е. виртуальная вода
Увеличение объемов накопления дождевых вод	Поощрение местной практики устойчивого использования водных ресурсов
Удаление инвазивных неместных видов растительности из береговой зоны водоемов	Расширенное использование рынков воды с целью перераспределения воды для высоко ценных видов использования
Переброска воды	Расширенное использование экономических стимулов, включая учет расхода воды и установление цены на нее, чтобы содействовать сохранению водных ресурсов

которая не представляет собой сознательную ответную реакцию на климатические воздействия, но является результатом изменений, направленных на удовлетворение изменившихся потребностей, реализацию новых задач и ожиданий, которые, несмотря на то, что они специально не предназначены для решения проблемы изменения климата, могут смягчить последствия этого изменения. Такая адаптация широко распространена в водохозяйственном секторе, хотя степень ее эффективности в решении проблемы изменения климата разная (см. табл. 3.5). [РГII, 3.6.1] В Латинской Америке некоторые виды автономной адаптации нашли применение, включая регулирование межбассейновых отводов воды и оптимизацию водопользования. [РГII, 13.5.1.3] В Африке местные общины и фермеры разработали программы адаптации для прогнозирования дождевых осадков на основе использования местного опыта. Фермеры в Сахели также используют традиционные системы сбора поверхностного стока для дополнения использующейся практики орошения. [РГII, 9.6.2.1, 9.5.1, табл.9.2].

Плановая адаптация является результатом обдуманных политических решений и конкретно учитывает изменение и изменчивость климата, но до настоящего времени осуществлялась нечасто. Управляющие водохозяйственной деятельностью в нескольких странах, включая Нидерланды, Австралию, СК, Германию, США и Бангладеш, начали непосредственно рассматривать решение проблемы последствий изменения климата в качестве части своей обычной работы по регулированию паводков и обеспечению водоснабжения. [РГII, 3.2, 3.6.5,17.2.2]. Такая адаптация обычно проводится посредством внесения изменений в методики и регламенты, такие, как проектно-конструкторские нормативы или расчет нормативов с учетом изменения климата. Например, такая адаптация осуществлялась в отношении обеспечения готовности к наводнениям в СК и Нидерландах (Klijn et al.; 2001; Richardson, 2002), водоснабжения в СК (Arnell and Delaney, 2006) и в отношении планирования водохозяйственной деятельности в целом в Бангладеш. [РГII, 3.6.5, 17.2.2] Примеры «конкретных» действий в водохозяйственном секторе по адаптации непосредственно и исключительно к изменяющемуся климату встречаются очень редко. Это частично объясняется тем, что изменение климата может быть всего лишь одним из факторов, затрагивающих стратегии и планы инвестиций (и он может быть не самым важным фактором в краткосрочной перспективе планирования), и частично неопределенностью в проекциях будущих гидрологических изменений.

Адаптацию к изменениям в обеспеченности водой и качестве воды необходимо осуществлять не только водохозяйственным организация, но отдельным пользователям водной среды. К ним относятся промышленность, фермеры (особенно, те, кто использует воду для полива) и отдельные потребители. Несмотря на то, что имеется богатый опыт адаптации к меняющемуся спросу и законодательству, о том, как такие организации смогут адаптироваться к меняющемуся климату, известно мало.

В табл. 3.5 в общих чертах описаны некоторые меры по адаптации, как плановой, так и автономной, которые предпринимаются в мире в настоящее время и которые представлены в ДО4 РГII в главах, касающихся региональных аспектов. Таблица не является исчерпывающей, и во многих местах может быть предпринято множество специфических для конкретного места мер.

Имеется *высокая степень достоверности* того, что адаптация уменьшит уязвимость, особенно в краткосрочной перспективе. [РГII, 17.2, 18.1, 18.5, 20.3, 20.8] Способность к адаптации тесно связана с социально-экономическим развитием, но она является разной у разных социальных групп и в самих этих группах. У бедных, пожилых, женщин, больных и коренного населения, как правило, эта способность ниже. [РГII, 7.1, 7.2, 7.4, 17.3]

Можно определить пять разных типов ограничений адаптации к воздействиям изменения климата. [РГII, 17.4.2]

а) Физические или экологические: может оказаться невозможным предотвращение неблагоприятных

Табл. 3.5: *Некоторые примеры адаптации на практике*

Регион	Мера по адаптации	Источник
Африка	• Сезонные прогнозы, их выпуск, распространение, осознание и интеграция в системы поддержки принятия решений, основанные на использовании моделей. • Повышение устойчивости к вызываемому засухой стрессу в последующие периоды благодаря совершенствованию сегодняшних систем неорошаемого земледелия посредством улучшения физической инфраструктуры, включая: системы сбора воды; строительство плотин; охрану и рациональное использование водных ресурсов, и приемы земледелия; капельное орошение; развитие засухоустойчивых и раннеспелых сортов культур и альтернативных сортов культур и гибридов.	РГII, 9.5, табл. 9.2
Азия	Улучшение сельскохозяйственной инфраструктуры, включая: • водоснабжение пастбищ; • системы орошения и их эффективность; • использование/хранение дождевой и снеговой воды; • систему обмена информацией о новых технологиях на национальном, а также региональном и международном уровнях; • доступ пастухов, рыбаков и фермеров к своевременным метеорологическим прогнозам (осадков и температуры); • повторная обработка и повторное использование городских сточных вод, например в Сингапуре; • сокращение потерь и утечки воды и использование ориентированных на рынок подходов для сокращения расточительного использования воды.	РГII, 10.5, табл. 10.8 РГII, 10.5.2
Австралия и Новая Зеландия	• Национальная инициатива по водным ресурсам. • Водоочистные сооружения для оборотного цикла водоснабжения. • Меры по сокращению потерь воды из каналов и охране и рациональному использованию воды. • Замена открытых оросительных каналов трубопроводами. • Повышение эффективности и качества водопользования. • Обеспечение готовности к засухам, установление новых цен на воду. • Установка ливневых колодцев. • Опреснение морской воды.	РГII, 11.2 табл.11.2, вставка 11.2; см. табл. 5.2 в этом документе
Европа	• Стратегии, ориентированные на спрос, такие, как охрана и рациональное использование водных ресурсов для коммунально-бытовых, промышленных и сельскохозяйственных нужд; ремонт в высокогорной местности водохранилищ с утечкой, поставляющих воду для коммунально-бытовых нужд и для орошения, и ремонт дамб в низменных районах. • Расширение площади пойм, водохранилищ для регулирования чрезвычайных паводков, мест для отвода паводковых вод и систем предупреждения о паводках, особенно для внезапных паводков. • Меры, ориентированные на предложение, такие, как перекрытие рек для образования русловых водохранилищ, системы повторного использования сточных вод и опреснения воды и установление цены на воду. • Включение региональных стратегий и стратегий водосбора в планы комплексного управления водными ресурсами в целях адаптации к изменению климата.	РГII, 12.5.1
Латинская Америка	• Системы сбора и хранения дождевой воды. • Программы «самоорганизации» для совершенствования систем водоснабжения в очень бедных общинах. • Практика охраны и рационального использования водных ресурсов, повторное использование воды, повторная обработка воды посредством модификации промышленных процессов и оптимизации водопользования.	РГII, 13.2.5.3, вставка 13.2, 13.5.1
Северная Америка	• Совершенствование охраны и рационального использования водных ресурсов и защита почвы от эрозии. • Инвестиции в системы охраны и рационального использования водных ресурсов и новые средства водоснабжения и распределения воды. • Изменение Национальной программы США по страхованию от наводнений для уменьшения риска подачи многочисленных связанных с наводнениями исков. • От домашних хозяйств, подавших два связанных с наводнениями иска, требуется, чтобы они были расположены на 2,5 см выше уровня 100-летних наводнений или меняли местоположение. • Промывка водоотливных систем и замена магистральных коллекторных систем с целью обеспечения соответствия критериям более экстремальных 5-летних наводнений. • Направление стока дождевой воды с крыш на газоны, чтобы способствовать ее просачиванию и увеличение накопления дождевой воды в углублениях почвы и аккумулирования дождевого уличного стока.	РГII, 14.2.4 РГII, 14.5.1
Полярные районы	• Успешная стратегия адаптации, которая уже использовалась для нейтрализации последствий осушения водоемов в дельтах рек, предполагает организацию выпуска воды из водоемов для повышения вероятности образования ледяных заторов и связанного с ним разлива воды. • Регулирование стока для выработки гидроэлектроэнергии, стратегии водосбора и методы обеспечения доступа к питьевой воде. • Стратегии решения проблемы роста/ снижения опасностей, связанных с ресурсами пресной воды (например, защитные сооружения для уменьшения риска наводнений или увеличение прилива воды для водных экосистем).	РГII, 15.6.2 РГII, 15.2.2.2
Малые острова	• Установки для опреснения. • Большие накопительные водохранилища и совершенствование методики водосбора. • Охрана грунтовых вод, наращивание возможностей для сбора и накопления дождевых вод, использование солнечного опреснения, рациональное использование ливневых вод и определение на островах районов пополнения грунтовых вод.	РГII, 16.4.1 Вставка 16.5

воздействий изменения климата с помощью технических средств или институциональных изменений. Например, адаптация может быть невозможной там, где реки полностью высохли. [РГII, 3.6.4]

b) *Технические, политические или социальные:* например, может быть трудно найти приемлемые места для новых водохранилищ или изыскать возможности для водопользователей потреблять меньше воды. [РГII 3.6.4]

c) *Экономические:* стратегия адаптации может быть просто слишком дорогостоящей по сравнению с выгодами, которые можно получить посредством ее осуществления.

d) *Культурные и институциональные:* к ним относятся институциональный контекст, в рамках которого осуществляется водохозяйственная деятельность, низкий уровень приоритетности, придаваемой управлению водными ресурсами, недостаток координации между организациями, напряженность в отношениях между разными уровнями, неэффективное руководство и неопределенность в отношении будущего изменения климата (Ivey et al., 2004; Naess et al., 2005; Crabbe and Robin, 2006, 2006); все перечисленное действует в качестве институциональных ограничений адаптации. [РГII, 3.6.4]

e) *Интеллектуальные и информационные:* например, управляющие водохозяйственной деятельностью могут не понимать того, что существует проблема изменения климата, или придавать ей мало значения по сравнению с другими проблемами. Основной информационный барьер заключается в отсутствии доступа к методологиям, позволяющим последовательно и строго научно решать проблему изменения климата. [РГII, 17.4.2.4]

Изменение климата порождает концептуальную проблему для управляющих водохозяйственной деятельностью, внося неопределенность в будущие гидрологические условия. Также может быть очень трудно выявить исходную тенденцию (Wilby, 2006), а это означает, что решения об адаптации необходимо принимать, вероятно, до того как станет ясно, каким образом гидрологические режимы могут в действительности изменяться. Поэтому при управлении водными ресурсами в условиях изменения климата необходимо принимать подход, основанный на сценариях. (Beuhler, 2003; Simonovic and Li, 2003). Этот подход применяется на практике в таких странах, как СК (Arnell and Delaney, 2006) и Австралия (Dessai et al., 2005). Однако имеются две проблемы. Во-первых, часто существуют большие различия между сценариями в плане оценки воздействия, требующие, чтобы анализы проводились на основе нескольких сценариев. Во-вторых, в некоторых странах управляющие водохозяйственной деятельностью запрашивают информацию о вероятности наступления определенных последствий, с тем чтобы принять решения, учитывающие факторы риска (например, Джоунс и Пейдж (Jones and Page, 2001)). В этой связи разрабатываются методики для построения вероятностных распределений конкретных последствий, требующие, чтобы были сделаны допущения относительно вероятностных распределений ключевых факторов, обуславливающих неопределенность воздействия (например, Уабли и Хэррис (Wulby and Harris, 2006)). [РГII, 3.6.4]

Второй подход к решению проблемы неопределенности, известный как «адаптивное управление» (Stakhiv, 1998), предполагает расширенное использование средств по управлению водными ресурсами, которые относительно устойчивы к неопределенности. К таким средствам относятся меры по сокращению спроса на воду, которые поощряются в качестве средств, сводящих к минимуму подверженность системы воздействию изменения климата (например, в Калифорнии: Белер (Beuler, 2003)). Аналогичным образом, некоторые гибкие стратегии регулирования паводков, например стратегии, допускающие временный разлив рек и уменьшающие степень подверженности ущербу в результате паводка, являются более устойчивыми к неопределенности, чем традиционные меры противопаводковой защиты (Klijn et al., 2004; Olsen, 2006). [РГII, 3.6.4]

3.3.1 Комплексное использование водных ресурсов

Комплексное использование водных ресурсов (КИВР: см. сноску 17) должно быть инструментом для определения мер по адаптации к изменению климата, но пока этот инструмент находится на начальной стадии его создания. Успешные стратегии комплексного использования водных ресурсов включают, среди прочего, следующее: опрос общественного мнения, реорганизацию процессов планирования, координацию землеустройства и использования водных ресурсов, признание связи между количеством и качеством водных ресурсов, совместное использование поверхностных и грунтовых вод, охрану и восстановление природных систем и учет фактора изменения климата. Кроме того, комплексные стратегии четко предусматривают анализ причин, препятствующих потоку информации. Полностью комплексный подход требуется не всегда, а степень полноты зависит скорее от того, в какой мере этот подход способствует принятию эффективных действий в ответ на конкретные потребности (Moench et al., 2003). В частности, комплексный подход к использованию водных ресурсов может помочь разрешить конфликты между конкурирующими водопользователями. В нескольких местах западной части США управляющие водохозяйственной деятельностью и группы с разными интересами использовали в экспериментальном порядке методы, способствующие принятию решений на основе консенсуса. Эта работа включала инициативы на уровне водосборного бассейна, а также предпринимаемые на уровне штата или спонсируемые на федеральном уровне усилия по привлечению заинтересованных сторон к процессам планирования (например, Министерство внутренних дел США, 2005 г.). Такие инициативы могут облегчить переговоры между группами с конкурирующими интересами по взаимоприемлемому решению проблем с учетом самых разнообразных факторов. В случае крупных водосборных бассейнов, таких, как бассейн реки Колорадо, эти факторы охватывают несколько временных и пространственных масштабов (табл.3.6). [РГII, 3.6.1, вставка 14.2]

Табл. 3.6: *Задачи комплексного использования водных ресурсов бассейна реки Колорадо, охватывающие несколько временных и пространственных масштабов (Pulwarty and Melis, 2001) [РГII, табл. 3.4]*

Временной масштаб	Задача
Неопределенный	Обеспечение речного стока, необходимого для защиты видов, находящихся под угрозой исчезновения
Долгосрочный	Распределение водных ресурсов внутри бассейна и между штатами на территории бассейна
Десятилетний	Выполнение обязательств по водоснабжению в верхней части бассейна
Годовой	Выполнение обязательств по наполнению озера Пауэл, чтобы объем воды в нем был равен объему воды в озере Мид
Сезонный	Месяцы пикового нагревания и охлаждения
Суточный/месячный	Работа по регулированию паводков
Часовой	Выработка электроэнергии Управлением энергетики западных территорий
Пространственный масштаб	
Глобальный	Влияние климата, Национальный парк «Большой каньон»
Региональный	Преимущественное распределение прав на водопользование (например, Комиссия по водным ресурсам верховьев реки Колорадо)
Штат	Различные соглашения по маркетингу воды для водохозяйственных окружных управлений на территории и за пределами штата
Муниципалитеты и общины	Графики водоснабжения, водоочистка и коммунально-бытовое водопользование

4

Изменение климата и водные ресурсы в системах и секторах

4.1 Экосистемы и биоразнообразие

4.1.1 Контекст

Режимы температуры и влажности относятся к числу ключевых переменных параметров, которые определяют распределение, рост, продуктивность и воспроизводство растений и животных. Изменения в гидрологии могут оказывать разнообразное влияние на виды растений и животных, но наиболее понятными являются процессы, связывающие влагообеспеченность с внутренними пороговыми значениями, которые управляют процессами обмена веществ и воспроизводства (Barkett et al., 2005). Изменения климата, ожидаемые в грядущие десятилетия, будут иметь разнообразные последствия для влагообеспеченности - от изменения сроков и объема речного стока до снижения уровней воды во многих водно-болотных угодьях, расширения термокарстовых озер в Арктике и снижения в тропических горных лесах количества влаги, получаемой за счет туманов.

Наблюдаемые в течение последнего столетия глобальные тренды осадков, влажности, засухи и стока обобщены в главе 3 ДО4 РГІ. Хотя изменения осадков в течение последнего столетия демонстрируют значительное региональное колебание [РГІ, рис. 3.14], они также позволяют выявить некоторые важные весьма значимые тренды. Количество осадков в целом увеличивалось в Северном полушарии с 1900 по 2005 гг., однако параллельно во многих крупных районах тропиков и Южного полушария, особенно в африканской Сахели и южной части Африки, Центральной Америке и восточной части Австралии, усиливалась тенденция к более широкому распространению засухи. [РГІ, 3.3.5]

4.1.2 Проекции изменений в гидрологии и последствия для глобального биоразнообразия

Представленные в Четвертом докладе об оценке МГЭИК оценки глобального потепления к 2030 г. для сценариев B1, A1 и A2 колеблются в диапазоне от 0,5°C в Южном полушарии до 2°C в северном полярном регионе, при этом самое большое потепление наблюдается согласно сценарию B1. Несмотря на то, что модельные имитации показывают увеличение глобального среднего уровня осадков, имеются существенные пространственное и временное колебание. Согласно моделям общей циркуляции (МОЦ) прогнозируется увеличение количества осадков в высоких широтах, хотя величина этого увеличения разная в разных моделях, а во многих субтропических и среднеширотных районах обоих полушарий количество осадков уменьшается. [РГІ, рис. 10.8 и 10.12]. Ожидается, что осадки в последующие десятилетия будут характеризоваться главным образом большей интенсивностью и их небольшим количеством в более продолжительные промежуточные периоды. [РГІ, 10.3.6.1] Согласно проекциям число последовательных сухих дней будет наиболее значительным в Северной и Центральной Америке, Карибском бассейне, северо-восточной и северо-западной частях Южной Америки, южной части Европы и Средиземноморье, южной части Африки и западной части Австралии. [РГІ, рис. 10.18] Воздействия потепления и изменений в режиме осадков в тропических и субтропических регионах имеют серьезные последствия для глобального биоразнообразия, поскольку разнообразие видов, как правило, сокращается по мере увеличения расстояния от экватора.

По проекциям ДО4 РГІ на XXI век (см. раздел 2), изменения в гидрологии, *весьма вероятно,* окажут влияние на биоразнообразие на каждом континенте. Последствия для видов уже были выявлены в большинстве регионов мира. [РГІІ, 1.3, 4.2] Обзор 143 опубликованных исследований, выполненный Рут и др. (Root et al. (2003)) показывает, что животные и растения уже характеризуются явными изменениями, согласующимися с климатическими трендами 20 столетия. Приблизительно 80% изменений согласуются с наблюдаемым изменением температуры, но следует признать, что температура также может оказывать влияние на виды посредством изменений во влагообеспеченности. [РГІІ, 1.4.1]

Реакции экосистем на изменения в гидрологии часто проявляются в виде комплексных взаимодействий биотических и абиотических процессов. Совокупности видов в экологических сообществах отражает тот факт, что эти взаимодействия и реакции часто имеют нелинейный характер, что увеличивает трудность прогнозирования конкретных экологических результатов. Поскольку реакции видов из разных таксономических групп не всегда синхронны по времени, может иметь место отрыв видов от источников их питания, нарушение симбиотических или оптимизирующих взаимоотношений между видами и изменения в конкуренции между видами. Из-за сочетания неодинаковых реакций разных видов и взаимодействий, которые теоретические могут происходить в любой точке пищевой сети, целостность некоторых из существующих сегодня экологических сообществ может быть легко нарушена в будущем (Root and Schneider, 2002; Burkett et al., 2005). [РГІІ, 1.3.5.5, 4.2.2, 4.4]

В результате комплексного воздействия температуры и водного стресса прогнозируется вымирание некоторых земноводных и других обитающих в воде видов в Коста-Рике, Испании и Австралии (Pounds et al., 2006). [РГІІ, табл.4.1]. Осушение водно-болотных угодий в Сахели повлияет на успешность перелета птиц, которые используют эти водно-болотные угодья в качестве промежуточной остановки при перелете к местам размножения в Северном полушарии. В южной части Африки ожидается беспрецедентный уровень вымирания видов, как растений, так и животных. [РГІІ, табл. 9.1] В горных лесах многие виды зависят от тумана как источника воды: глобальное потепление поднимет нижнюю границу облаков и затронет виды, зависящие от этого ресурса. [РГІІ, 13.4.1] Однако из всех экосистем, самая большая доля видов, которым грозит вымирание из-за потепления климата, приходится на пресноводные экосистемы (Оценка экосистем на рубеже тысячелетия, 2005b). [РГІІ, 3.5.1]

4.1.3 Последствия изменений в гидрологии для основных типов экосистем

4.1.3.1 Озера и реки

Последствия глобального потепления для озер включают более продолжительный период вегетации в высоких широтах, более интенсивную стратификацию и потерю питательных веществ в поверхностном слое, уменьшение

содержания кислорода в глубоководных слоях (ниже термоклина) глубоких, стратифицированных озер и увеличение разнообразия инвазивных водных сорняков. Ожидается, что уровень воды в озерах повысится в высоких широтах, где модели климата показывают увеличение количества осадков, а в средних и низких широтах – понизится. Наиболее уязвимы к изменению климата бессточные (конечные или замкнутые) озера из-за их чувствительности к равновесию между притоком воды и испарением. Изменения в объеме притоков в такие озера могут иметь очень существенные последствия, а в некоторых климатических условиях эти озера могут полностью исчезнуть. Например, площадь Аральского моря значительно уменьшилась из-за увеличения заборов воды для орошения в верхнем течении; и озеро Цинхай уменьшилось в размерах в результате сокращения количества осадков на водосборной площади. [ТДО, РГII, 4.3.7]

Продолжительность ледостава на озерах и реках в средних и высоких широтах Северного полушария в течение прошедшего столетия уменьшилась приблизительно на две недели. [ТДО, РГI, РП]. Повышение температуры воды летом может увеличить недостаток кислорода в стратифицированных озерах и количество фосфора, выделяемого донными наносами, и вызвать цветение воды, что приведет к реструктуризации водной пищевой цепи. [РГII, 4.4.8] Повышение температуры в тропических озерах на один градус вызовет пропорционально более высокий перепад плотности по сравнению с более холодными озерами умеренных широт. Таким образом, прогнозируемые тропические температуры [РГI, главы 10 и 11] приведут к сильной термальной стратификации, вызывая недостаток кислороды в глубоководных слоях озер и истощение питательных веществ на их небольшой глубине. Сокращение содержания кислорода в целом снизит разнообразие обитающих в воде видов, особенно в тех случаях, когда качество воды ухудшилось вследствие эвтрофикации. [ТД-ИКБ, 4.4]

Снижение концентраций кислорода ведет к изменению биоценоза, биогеохимического состава и общей продуктивности озер и рек. Оптимальная температура воды для многих холодолюбивых видов в средних и высоких широтах ниже 20°С. Ожидается вымирание видов, когда теплые летние температуры и недостаток кислорода приведут к ликвидации глубоководных убежищ с холодной водой. В южной части Великих равнин США температура воды уже приближается к пределам, смертельным для многих местных видов речной рыбы. С повышением температуры растут темпы разрушения органического вещества, сокращая тем самым период, когда детрит доступен для обитающих в воде беспозвоночных. [ТД-ИКБ, 6.2] Инвазивные чужеродные виды являются основной угрозой для местного биоразнообразия водных экосистем. [РГII, 4.2.2] Повышение глобальной температуры, по-видимому, расширит в направлению к полюсу зоны обитания многих инвазивных водных растений, таких как эйхорния (Eichhornia) и сальвиния (Salvinia). [СДРПИК, 2.3.6]

Самые сильные последствия потепления для речных систем могут иметь место во влажных районах, где речной сток менее изменчив и биологические взаимодействия управляют численностью организмов. Пересыхание речных русел и озер на более длительные периоды может сократить продуктивность экосистем из-за ограничения среды обитания в сочетании с ухудшением качества воды вследствие увеличения недостатка кислорода и концентраций загрязняющих веществ. В полузасушливых районах мира сокращение сезонного речного стока и полное высыхание озер (как в Сахели в Африке), могут оказать сильное воздействие на экосистемные услуги, включая поддержание биоразнообразия. [ТД-ИКБ 6.7]

В настоящее время самое богатое разнообразие видов, обитающих в пресноводных системах, наблюдается в центральной части Европы, а к северу и к югу оно уменьшается из-за периодических засух и засоления (Declerck et al., 2005). Прогоны ансамбля МОЦ для ДО4 МГЭИК показали различие в количестве осадков между югом и севером, при этом на севере оно увеличивается, а на юге уменьшается. [РГI, 11.3.3.2] Увеличение прогнозируемого стока и более низкий риск засухи могут оказать благоприятное воздействие на фауну водных экосистем в северной части Европы, в то время как снижение водообеспеченности на юге может иметь противоположный эффект (Alvarez Cobelas et al., 2005). [РГII, 12.4.6]

4.1.3.2 Пресноводные водно-болотные угодья

Высокая степень изменчивости структуры систем водно-болотных угодий, разнообразие которых меняется от торфяных болот в высокоширотных бореальных лесах до водно-болотных угодий в тропических муссонных районах (например, водно-болотных угодий Национального парка Какаду, Австралия) и высокоширотных водно-болотных угодий в горах Тибета и Анд, обуславливается, большей частью, их индивидуальной гидрологией. Наиболее резко выраженные последствия изменения климата будут наблюдаться во внутриматериковых водно-болотных угодьях вследствие изменения количества осадков и более частых или более интенсивных возмущений (засухи, штормы, наводнения). Относительно небольшое увеличение изменчивости осадков может оказать существенное влияние на растения и животных водно-болотных угодий на разных стадиях их жизненного цикла (Keddy, 2000). [РГII, 4.4.8] В целом ожидается, что потепление климата положит начало тенденции к осушению в экосистемах водно-болотных угодий. Это во многом косвенное влияние изменения климата, ведущее к изменению уровня воды, явится основным фактором изменения в экосистемах водно-болотных угодий и будет более сильным, чем влияние повышения температуры и более длительных периодов вегетации в бореальных и субарктических торфяных болотах (Gorham, 1991). Муссонные районы с большей вероятностью будут затронуты более интенсивными осадками в течение менее продолжительных дождливых периодов, которые усилят затопление и эрозию в водосборных бассейнах и в самих водно-болотных угодьях. [РГII, ТДО, 5.8.3]

Большинство протекающих в водно-болотных угодьях процессов зависят от гидрологических особенностей на уровне водосборного бассейна, которые могут измениться в результате изменений в землепользовании, а также в практике управления ресурсами поверхностных вод. [РГII, ТДО, 5. Р] Пополнение систем местных и региональных

грунтовых вод, расположение водно-болотного угодья применительно к местной топографии и градиент более крупных систем региональных грунтовых вод также являются жизненно важными факторами в определении изменчивости и стабильности запасов влаги в водно-болотных угодьях, расположенных в климатических зонах, где уровень осадков не намного превышает уровень испарения (Winter and Woo, 1990). Внешние по отношению к водно-болотному угодью изменения в пополнении могут иметь такое же важное значение для судьбы этого угодья в условиях изменяющегося климата, как и изменения в осадках и испарении непосредственно в самом угодье (Woo et al., 1993). [РГII, ТДО, 5.8.2.1] Поэтому может быть будет очень трудно или даже невозможно адаптироваться к последствиям прогнозируемых изменений в обеспеченности водой. [РГII, ТДО, 5.8.4] Частично из-за их ограниченной способности к адаптации водно-болотные угодья относятся к числу самых уязвимых для изменения климата экосистем. [РГII, 4.4.8]

Водно-болотные угодья часто являются «горячими точками» в плане биоразнообразия. Многие из них имеют международный природоохранный статус (водно-болотные угодья, имеющие международное значение в соответствии с Рамсарской конвенцией; водно-болотные угодья, относящиеся к объектам мирового наследия). Их потеря может привести к значительным масштабам вымирания, особенно среди земноводных и водяных рептилий. [РГII, 4.4.8] В ТДО арктические и субарктические омбротрофные («с дождевой подпиткой») болота и водно-болотные угодья в углублениях суши с маленьким водосборным бассейном определяются в качестве водных систем, наиболее уязвимых для изменения климата. [РГII, ТДО, 5.8.5] Однако в ДО4 , который был опубликован позже, говорится о более высокой степени уязвимости для многих других типов водно-болотных угодий, таких, как водно-болотные угодья в муссонных районах в Индии и Австралии, бореальные торфяные болота, водно-болотные угодья во впадинах прерий Северной Америки и водно-болотные угодья Великих Африканских озер. [РГII, 4.4.8, 4.4.10]. Многим видам, обитающим в водно-болотных угодьях, придется изменить режимы и маршруты сезонной миграции; в противном случае некоторым видам грозит вымирание. [РГII, 4.4.8] Для основных сред обитания возможно небольшое восстановление при наличии достаточного количества воды. [РГII, ТДО, 5.8.4]

В результате изменений в гидрологии, обусловленных атмосферным потеплением, площадь среды обитания в водно-болотных угодьях в некоторых регионах увеличилась. В арктическом регионе таяние вечной мерзлоты служит источником появления новых водно-болотных угодий. [РГII, 1.3] Характерные элементы термокарста, образующиеся в результате таяния материкового льда в районе, под которым лежит вечная мерзлота, могут вытеснять биоту Арктики вследствие либо перенасыщения влагой, либо высыхания (Hinzman et al., 2005; Walsh et al., 2005). Обширное образование термокарста обнаружено в Северной Америке около г. Каунсил, Аляска (Yoshikava and Hinzman, 2003) и в центральной части Якутии (Gavriliev and Efremov, 2003). [РГI, 4.7.2.3] Первоначально таяние вечной мерзлоты образует углубления для новых водно-болотных угодий и прудов, которые взаимосвязаны посредством новых дренажных структур. По мере дальнейшего таяния вечной мерзлоты поверхностные воды просачиваются в системы грунтовых вод, вызывая утрату пресноводной среды обитания. [РГII, 15.4.1.3] Потепление уже могло вызвать потерю площади водно-болотных угодий, так как в течение прошлого века площадь озер в районе дельты Юкона расширилась (Coleman and Huh, 2004). [РГII, 15.6.2]

Небольшой рост изменчивости режима осадков может существенно затронуть растения и животных водно-болотных угодий (Kedy, 2000; Burkett and Kusler, 2000). На биоразнообразие водно-болотных угодий, имеющих сезонный характер, таких, как образующиеся весной пруды, сильное воздействие могут оказать изменения осадков и содержания влаги в почве (Bauder, 2005). В районах муссонов более продолжительные сухие периоды способствуют, по свидетельствам из Национального парка Кеоладео, заполнению водно-болотных угодий наносами и торфом (Chauhan and Gopal, 2001). [РГII, 4.4.8]

4.1.3.3 Побережья и устья

Изменения в сроках и объеме стока пресных вод затронут соленость, наличие наносов и питательных веществ, а также режимы увлажнения в прибрежных экосистемах. Изменение климата может затронуть каждый из этих переменных параметров вследствие изменения количества осадков и объема местного стока, или, что еще более важно, стока с водосборов, вода с которых поступает в прибрежную зону. [РГII, 6.4.1.4] Гидрология оказывает сильное влияние на распределение растений прибрежных водно-болотных угодий, которые обычно, по мере удаления от моря, постепенно сменяют друг друга следующим образом: морские, обитающие в солоноватой воде и пресноводные. [РГII, 6.4.1.4]

Воздействия повышения уровня моря на формы прибрежного рельефа меняются в разных прибрежных районах, потому что скорость повышения уровня моря пространственно неоднородна [РГII, 5.5.2], и потому что в некоторых прибрежных районах наблюдается подъем или оседание рельефа в результате процессов, которые не зависят от изменения климата. К таким процессам относятся заборы грунтовых вод, добыча нефти и газа и изостасия (выравнивание земной поверхности в геологических временных масштабах после изменений массы поверхности, например вследствие изменения массы ледовых щитов, вызванного последним таянием). Помимо изменений в подъеме рельефа вдоль побережья, на суммарное воздействие повышения уровня моря на прибрежные экосистем могут оказать влияние факторы, обусловленные внутриматериковыми процессами. Естественные экосистемы в пределах водосборов раздроблены, а поток воды, наносов и питательных веществ в прибрежную зону нарушен в нижнем течении (Nilsson et al., 2005). Изменения в землепользовании и гидрологические изменения оказывают негативное воздействие на экосистемы нижнего течения в дополнение к локализованным воздействиям, включая развитие деятельности человека на побережье. В результате эрозии объем наносов, достигающих побережья, увеличился; например объем взвешенных наносов в реке Хуанхэ (Желтой реке) за последние 2000 лет увеличился в 2-10 раз (Jiongxin, 2003). Напротив, на других

реках строительство плотин и каналов в значительно степени сократило поступление наносов в прибрежную зону в связи с их удержанием плотинами (Syvitski et al., 2005), и такой результат, по-видимому, будет преобладать в течение XXI века. [РГII, 6.4]

Прогоны ансамбля климатических моделей, выполненные Милли и др. (Milly et al., (2005)), показывают, что в последующие 50-100 лет в результате изменения климата объем речного стока, поступающего в прибрежные воды, увеличится в Арктике, северной части Аргентины, южной части Бразилии, некоторых частях Индийского субконтинента и Китая, а в южной части Аргентины и в Чили, западной части Австралии, западной и южной частях Африки и в Средиземноморском бассейне предполагается его снижение. [РГII, 6.3.2; см. рис.2.10 в этом документе] Если речной сток снизится, ожидается, что соленость воды в прибрежных устьях и водно-болотных угодьях повысится, а объем наносов и питательных веществ, поступающих в прибрежную зону, снизится. В прибрежных районах, где речной сток снизится, соленая вода будет продвигаться вверх по течению, изменяя, таким образом, зональное распределение видов растений и животных, а также оказывая влияние на наличие пресной воды для использования человеком. Повышение солености прибрежных вод с 1950 г. способствовало сокращению площади лесов капустной пальмы во Флориде (Williams et al., 1999) и лесов болотных кипарисов в Луизиане (Krauss et al., 2000). Повышение солености также сыграло свою роль в распространении в последние 50 лет мангровых зарослей в близлежащих болотах Эверглейдс во Флориде (Ross et al., 2000) и по всей территории юго-восточной части Австралии (Saintilan and Williams, 1999). [РГII, 6.4.1.4] Ожидается, что интрузия соленых вод в результате сочетания повышения уровня моря, снижения речного стока и увеличения частоты засух изменит в этом веке прибрежный промысел видов рыбы, зависящих от состояния воды в устьях, в некоторых частях Африки, Австралии и Азии. [РГII, 6.4.1.3, 9.4.4, 10.4.1, 11.4.2]

Дельтовые побережья особенно уязвимы для изменений в объеме стока и переносе наносов, затрагивающих способность дельты преодолевать физические последствия изменения климата. В Азии, где в прошлом деятельность человека привела к увеличению наносов в крупных реках, сегодня строительство в верхнем течении плотин способствует сокращению поступления наносов в дельты многих рек, при этом широко распространенным последствием становится усиление береговой эрозии (Li et al., 2004; Syvitski et al., 2005; Ericson et al., 2006). [РГII 6.2.3, 6.4.1] В оседающей равнине в дельте Миссисипи в юго-восточной части Луизианы истощение наносов, вызванное антропогенным вмешательством в дельтовые процессы и одновременным повышением солености и уровня воды в прибрежных болотах, происходило так быстро, что 1565 км^2 территории, находящейся в приливной зоне прибрежных болот и прилегающих к ним прибрежных низин, за период с 1978 г. по 2000 г. превратилась в поверхность открытой воды (Barras et al., 2003). [РГII, 6.4.1]

Некоторые из самых крупных последствий изменения климата для устьев рек могут быть результатом изменений физических характеристик смешивания, вызванных изменениями в объеме стока пресных вод (Scaviaet al., 2002). Притоки пресной воды в устья оказывают влияние на период задержания воды, поступление питательных веществ, вертикальную стратификацию, соленость и регулирование темпов роста фитопланктона (Moore et al., 1997). Изменения в объеме речного стока, поступающего в мелководную прибрежную морскую среду, приведет к изменению мутности, солености, стратификации и наличия питательных веществ (Justic et al., 2005). [РГII, 6.4.1.3]

4.1.3.4 Горные экосистемы

Зональное распределение экосистем на горных склонах обуславливается температурой и содержанием влаги в почве. Последние исследования (Williams et al., 2003; Pounds and Puschendorf, 2004; Andreone et al., 2005; Pounds et al., 2006) показали несоразмерно большой риск вымирания видов в горных экосистемах, особенно эндемичных видов. [РГII, 4.4.7] Многие виды земноводных, мелких млекопитающих, рыб, птиц и растений очень уязвимы для текущих и прогнозируемых изменений климата, которые изменяют узкоспециализированную горную нишу их обитания. [РГII, 1.3.5.2, 4.4.7, 9.4.5]

Во многих водосборных бассейнах с преобладающим питанием за счет таяния снега повышение температуры изменило масштаб и сроки гидрологических явлений. В Северной Америке и Евразии отмечалась тенденция к более раннему пиковому объему речного стока весной и к повышению объема базисного стока зимой. [РГII, 1.3.2] По данным 74% метеорологических станций, которые вели наблюдения в горах на западе США в период между 1949 г.и 2004 г. более значительная доля осадков выпадает в виде дождя, а не в виде снега (Knowles et al., 2006). После 1970-х гг. глубина снежного покрова зимой и снежный покров весной уменьшились в Канаде, особенно в западной части, где температура воздуха значительно повысилась (Brown and Braaten, 1998). Снежный покров весной и летом уменьшается в западной части США (Groisman et al., 2004). С 1950г. водный эквивалент снега по состоянию на 1 апреля уменьшился на 15-30% в горах на западе Северной Америки, особенно, на небольших высотах, в первую очередь вследствие потепления, а не изменения в количестве осадков (Mote et al., 2005). Пиковые объемы речного стока в горных бассейнах на западе США с преобладающим снежным питанием наблюдались в 2002 г. на 1-4 недели раньше, чем в 1948 г. (Stewart et al., 2005). [РГII, 14.2.1]

Продолжительность залегания и глубина снежного покрова, которые часто взаимосвязаны со средней температурой и средним уровнем осадков (Keller et al., 2005; Monson et al., 2006), являются ключевым фактором во многих альпийских экосистемах (Körner, 1999). Отсутствие снежного покрова лишает растения и животных защиты от мороза и оказывает влияние на водоснабжение весной (Keller et al., 2005). Если перемещение животных будет нарушено в связи с изменениями в характере снежного покрова, как это было выявлено в Колорадо (Inouye et al., 2000), то это может привести к повышенной гибели диких животных и растений из-за несовместимости дикой флоры и фауны и условий окружающей среды. [РГII, 4.4.7] Ожидается, что с каждым повышением температуры на 1^{o}C, продолжительность залегания снежного покрова на

средних высотах Европейских Альп будет сокращаться на несколько недель. *Фактически определенно*, что флора Европейских гор подвергнется крупным изменениям в ответ на изменение климата, при этом изменения в продолжительности залегания снежного покрова будут более важным фактором, чем прямое воздействие температуры на обмен веществ у животных. [РГII, 12.4.3] Изменение объема ледникового стока оказывает значительное воздействие на экосистемные услуги. Биота рек с небольшим водосбором, которые поддерживаются за счет таяния ледников, очень слабо защищена от вымирания. [РГII, 1.3.1, 3.2, 3.4.3]

4.1.3.5 Леса, саванны и лугопастбищные угодья

Обеспеченность водой является ключевым фактором в реструктуризации систем лесов и лугопастбищных угодий по мере потепления климата. Известно, что изменение климата изменило вероятность увеличения масштаба и частоты стихийных пожаров, и в то же время подвергло стрессу деревья, что косвенно усугубляет последствия этих разрушительных воздействий. Многие лесные экосистемы в тропиках, высоких широтах и на больших высотах становятся все более восприимчивыми к засухе и к связанным с ней изменениям, вызванными пожарами, вредителями и болезнями. [РГII, глава 4, 5.1.2, 13.4]. По оценкам до 40% амазонских лесов могут подвергнуться негативному воздействию даже при небольшом сокращении количества осадков (Rowell and Moore, 2000). Расчеты изменений в количестве осадков в Южной Америке в следующие 100 лет, проведенные с использованием нескольких МОЦ, показывают существенное (на 20% и более) уменьшение количества осадков в бассейне Амазонки в июне, июле и августе и небольшое увеличение (приблизительно на 5%) в декабре, январе и феврале. [РГI, 11.6.3.2] Эти прогнозируемые изменения в количестве осадков в сочетании с повышением температуры предвещают, что часть амазонских лесов будет заменена экосистемами, более устойчивыми к многочисленным стрессам, вызываемым повышением температуры, засухой и пожарами. [РГII, 13.4.2]

Согласно проекциям, повышение летних температур и уменьшение количества осадков будет сопровождаться усилением засушливости в нескольких регионах (Европа, некоторые части Латинской Америки), что будет иметь широкомасштабные последствия для чистой продуктивности лесных экосистем. К последствиям засухи для лесов относятся их гибель из-за болезней, вызванного засухой стресса и вредителей; снижение устойчивости; и биотические обратные связи, различающиеся в зависимости от места. [РГII, 4.4.5] Прогнозируется, что в некоторых регионах леса заменят все остальные типы растительности, такие, как тундра и лугопастбищные угодья, и обеспеченность водой может иметь такое же важное значение, как влияние на фотосинтез температуры и обогащения атмосферы CO_2. [РГII, 4.4.3, 4.4.5]

В результате многочисленных исследований проведена оценка непосредственного влияния обогащения атмосферы CO_2 и воздействий потепления на преобладающие типы лесов и лугопастбищных угодий. Исследования большого разнообразия видов деревьев и трав показывают, что усиление фотосинтеза вследствие прогнозируемого увеличения концентрации CO_2 в атмосфере будет зависеть от обеспеченности водой. [РГII, 4.4.3] Последствия более высокого порядка, вызванные обогащением углекислым газом воздуха в лесах и саванных, могут иметь серьезные обратные последствия для водных ресурсов. Например, повышение концентрации CO_2 в атмосфере может оказать неблагоприятное воздействие на питательную ценность подстилки, попавшей в водотоки (Tuchman et al., 2003), а повышенная концентрация CO_2 может оказать сильное влияние на водный баланс почвы большинства типов лугопастбищных угодий. [РГII, 4.4.10] Продуктивность лугопастбищных угодий и саванны очень чувствительна к изменчивости осадков. Например, в оценках продуктивности высокотравных прерий повышение изменчивости осадков играло более важную роль, чем количество осадков, при этом увеличение продолжительности сухого периода на 50% вызывает сокращение чистой первичной продуктивности на 10% (Fay et al., 2003a). [РГII, 4.4.3]

4.2 Сельское хозяйство и продовольственная безопасность, землепользование и лесное хозяйство

4.2.1 Контекст

Продуктивность систем сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства чрезвычайно зависит от временного и пространственного распределения осадков и испарения, а также, в особенности для сельскохозяйственных культур, от наличия ресурсов пресной воды для орошения. [РГII, 5.2.1] Системы производства продукции в районах с незначительными водными ресурсами характеризуются повышенной уязвимостью климата и риском в условиях изменения климата, обусловленных факторами, к которым относятся, например, деградация земельных ресурсов, вызванная эрозией почвы, чрезмерный забор грунтовых вод и связанное с этим их засоление и чрезмерный выпас скота на засушливых землях (ФАО, 2003 г.). [РГII, 5.2.2] Хозяйства мелких фермеров в таких неблагоприятных районах особенно уязвимы для изменения и изменчивости климата, а вызывающие стресс социально-экономические факторы часто усугубляют уже непростые условия окружающей среды. [РГII, 5.2.2, табл. 5.2, вставка 5.3] В лесах вспышки пожаров и массового распространения вредителей, связанные с частотой повторяемости экстремальных явлений, проявили себя в качестве факторов, повышающих уязвимость для воздействия климата. Что качается рыболовства, то загрязнение воды и изменения водных ресурсов также повышают уязвимость и риск. [РГII, 5.2.2]

4.2.1.1 Сельское хозяйство и продовольственная безопасность

Вода играет решающую роль в производстве продовольствия как в отдельных регионах, так и во всем мире. С одной стороны, более 80% всех сельскохозяйственных земель в мире являются неорошаемыми; в этих районах продуктивность культур зависит исключительно от того,

достаточно ли количество осадков, чтобы соответствовать величине испаряемости и обеспечить соответствующее распределение почвенной влаги (ФАО, 2003 г.). [РГII, 5.4.1.2]. В тех местах, где величина этих переменных ограничена климатом, таких как засушливые и полузасушливые районы тропиков и субтропиков, а также районы средиземноморского типа в Европе, Австралии и Южной Америке, сельскохозяйственное производство очень уязвимо для изменения климата (ФАО, 2003 г.). С другой стороны, глобальное производство продовольствия зависит не только от воды в виде осадков, но также и чрезвычайно зависит от воды в виде водных ресурсов для орошения. Фактически, орошаемые земли, составляющие всего 18% от общей площади сельскохозяйственных земель, дают 1 млрд тонн зерна ежегодно, или около половины мирового совокупного урожая; это объясняется тем, что урожайность на орошаемых землях в среднем в 2-3 раза выше урожайности на неорошаемых землях[19] (ФАО, 2003 г.).

В то время как слишком малые запасы воды ведут к уязвимости производства, чрезмерное количество воды также может оказывать пагубное воздействие на продуктивность культур либо непосредственно, например, в результате неблагоприятного воздействия на характеристики почвы и нарушения процесса роста растений, либо косвенно, например в результате создания помех и задержек необходимым сельскохозяйственным работам. Сильные осадки, чрезмерное содержание влаги в почве и наводнения мешают производству продовольствия и ухудшают экономическое положение населения сельских районов во всем мире (Rosenzweig et al., 2002). [РГII, 5.4.1.2]

Оказывая весьма пагубное воздействие на продуктивность культур и производство продовольствия, и являясь, к тому же, необходимым компонентом в процессах приготовления пищи, вода играет жизненно важную роль в обеспечении продовольственной безопасности. В настоящее время 850 млн людей в мире все еще не получают достаточного питания (ФАО, 2003 г.). [РГII, 5.3.2.1, 5.6.5] Социально-экономические стрессы в следующие несколько десятилетий приведут к росту конкуренции между потребностями в воде для орошения и потребностями несельскохозяйственных секторов, потенциально сокращая наличие и снижая качество водных ресурсов, используемых для производства продовольствия. [РГII, 3.3.2] Последние исследования показывают, что, *маловероятно*, что цель в области развития, связанная с ликвидацией голода и сформулированная в Декларации тысячелетия (МДГ), будет достигнута к 2015 г. [РГII, 5.6.5] В то же время в течение этого столетия изменение климата может еще более сократить наличие воды для производства продовольствия в глобальном масштабе в результате прогнозируемых усредненных изменений режима температуры и осадков, а также вследствие более частого повторения экстремальных явлений, таких, как засухи и наводнения (Rosenzweig et al., 2002). [РГII, 5.6.5]

Оценки последствий изменения климата на производство продовольствия в целом сильно зависят от особенностей используемых проекций количества осадков, полученных на основе МОЦ. [РГII, 5.4.1.2] В настоящее имеется широкий диапазон сценариев осадков. В целом, оценки на основе сценариев, предполагающих уменьшение осадков на региональном уровне, дают обычно отрицательные сигналы в отношении продукции растениеводства, и, наоборот, оценки на основе сценариев, предполагающих увеличение количества осадков, дают положительные сигналы. Проекции усиления засушливости в нескольких регионах с экологическими условиями средиземноморского типа (Европа, Австралия и Южная Америка), а также в малоплодородных засушливых и полузасушливых районах, особенно в районах Африки, расположенных к югу от Сахары, являются устойчивыми согласно всем моделям (см. рис 2.10). Эти регионы сталкиваются с повышенной уязвимостью в условиях изменения климата, как показано на рис. 4.1. [РГII, 5.3.1]

4.2.1.2 Землепользование и лесные экосистемы

Лесные экосистемы занимают приблизительно 4 млрд га земли, что сопоставимо с суммарной площадью земли, используемой для выращивания сельскохозяйственных культур и пастбищ. Только 200 млн га этой площади используется во всем мире для производства коммерческой продукции лесной промышленности (ФАО, 2003 г.). [РГII, 4.4.5, 5.1.1, 5.4.5]

Леса являются ключевыми факторами, обеспечивающими водоснабжение, качество и количество водных ресурсов как в развивающихся, так и в развитых странах. Важность лесов как водосборов может значительно повыситься в следующие несколько десятилетий, по мере того как ресурсов пресной воды будет все больше не хватать, особенно в развивающихся странах (Mountain Agenda, 1997; Liniger and Weingartner, 1998). [СД-ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.4; РГII, 4.1.1]

Леса вносят свой вклад в водный цикл на региональном уровне, при этом изменения в землепользовании могут иметь большие потенциальные последствия для местного и регионального климата (Harding, 1992; Lean et al., 1996). С другой стороны, охрана лесов может принести пользу в плане смягчения последствий засух и наводнений, особенно в тропиках (Kramer et al., 1997; Pattanayak and Kramer, 2000). [СД-ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.6]

Облесение и лесовозобновление могут повысить влажность, понизить температуру и увеличить количество дождевых осадков в затронутых районах (Harding, 1992; Blythe et al., 1994); обезлесение, наоборот, может привести к сокращению количества осадков и увеличению температуры в этой местности. В Амазонии и Азии результатом обезлесения могут явиться новые климатические условия, непригодные для успешной регенерации видов, распространенных в тропических лесах (Chan, 1986; Gash and Shuttleworth, 1991; Meher-Homji, 1992). [СД-ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.6]

Лесные экосистемы проявляют чувствительность к изменению климата по-разному (например, Kirschbaum and Fischlin, 1996; Sala et al., 2000; Gitay et al., 2001), при этом биомы территорий с ограничением по температуре

[19] Обсуждение вопроса о взаимосвязях между орошением, изменением климата и пополнением грунтовых вод см. раздел 1.3. Об этом также говорится в разделах 5.1.3 (для Африки) и 5.2.3 (для Азии).

чувствительны к воздействию потепления, а биомы территорий с ограниченными водными ресурсами чувствительны к повышению уровня засухи. Некоторые из них, например огнезависимые экосистемы, могут быстро меняться в ответ на изменение климата и другие изменения условий окружающей среды (Scheffer et al., 2001; Sankaran et al., 2005). [РГII, 4.1, 4.4.5]

Лесные экосистемы и связанное с ними биоразнообразие могут особенно подвергнуться риску в Африке в результате сочетания социально-экономического давления и факторов, связанных с землепользованием и изменением климата. [РГII, 4.2] К 2100 г. негативные последствия на 25% территории Африки (особенно в южной и западной частях Африки) могут вызвать ухудшение как качества воды, так и экосистемных товаров и услуг. [РГII, 4.P, 4.4.8] Фактически уже выявляются и документально регистрируются изменения во множестве экосистем, особенно в южной части Африки. [РГII, 9.2.1.4]

4.2.2 Наблюдения

4.2.2.1 Воздействия климата и водные ресурсы

Хотя известно, что сельское хозяйство и лесное хозяйство сильно зависят от климата, свидетельства о наблюдаемых в них изменениях, связанных с региональными изменениями климата и, в особенности, с водными ресурсами, найти непросто. На сельское и лесное хозяйство, кроме того, сильно влияют неклиматические факторы, особенно практика управления и технологические изменения (Easterling, 2003) на местном и региональном уровнях, а также рыночные цены и политика, связанная с субсидиями. [РГII, 1.3.6]

Несмотря на то, что реакцию антропогенных систем на недавнее изменение климата выявить трудно по причине многочисленных неклиматических факторов и действия процесса адаптации, последствия для лесного хозяйства и ряда сельскохозяйственных систем выявить удалось. С недавним потеплением связаны изменения в нескольких аспектах системы здоровья человека. Адаптацию к недавнему потеплению начинают систематически регистрировать документально. По сравнению с другими факторами недавнее потепление имеет ограниченные последствия для сельского и лесного хозяйства. Вместе с тем, наблюдается значительный прогресс в фенологии применительно к сельскому хозяйству и лесному хозяйству на значительной территории Северного полушария, причем с ограниченной реакцией в управлении растениеводством. Удлинение вегетационного периода способствовало наблюдаемому повышению продуктивности лесонасаждений во многих регионах, тогда как в Северной Америке и Средиземноморском бассейне более теплые и более сухие условия частично обусловили падение продуктивности лесонасаждений и учащение лесных пожаров. Как сельское, и лесное хозяйство уже продемонстрировали уязвимость для последних тенденций в отношении волн тепла, засухи и наводнений. [РГII, 1.3.6, 1.3.9, 5.2]

4.2.2.2 CO_2 в атмосфере и динамика водных ресурсов

Воздействия повышенной концентрации CO_2 в атмосфере на функционирование растений может иметь значительные последствия для водных ресурсов, так как эффективность водопользования на уровне листьев повышается вследствие роста устьичного сопротивления по сравнению с сегодняшними уровнями концентрации CO_2. Что касается C_3- растений (включая большинство продовольственных культур), то эффект CO_2 может быть относительно более заметным для культур, подвергающих стрессу в связи с недостатком влаги, по сравнению с культурами, которые хорошо орошаются. [РГII, ТДО 5.3.3.1]

Однако крупномасштабные последствия взаимодействия между CO_2 и водой (т.е. взаимодействия на уровне лесного покрова, поля и региона) являются весьма неопределенными. В целом признается, что позитивное воздействие повышенной концентрации CO_2 на взаимоотношения растений и влаги при более высоких температурах будет компенсировано ростом испаряемости. [РГII, ТДО 5.3.3.1]

Многие недавние исследования подтверждают и детализируют выводы ТДО о том, что изменения температуры и количества осадков в грядущие десятилетия изменит, а зачастую ограничит прямые воздействия CO_2 на растения. Например, высокая температура во время цветения может снизить воздействия CO_2 посредством сокращения количества, размера и качества зерен (Thomas et al., 2003; Baker et al., 2004; Caldwell et al., 2005). Аналогичным образом увеличение спроса на воду в условиях потепления может снизить ожидаемые позитивные воздействия CO_2. Пшеница, растущая на неорошаемых землях, при концентрации CO_2, равной 450 ppm, дает рост урожайности при потеплении не более чем на 0,8°C, но урожайность начинает падать при потеплении более чем на 1,5°C; для того, чтобы уравновесить этот негативный эффект необходимо дополнительное орошение. [РГII, 5.4.1.2]

Наконец, как специалисты по физиологии растений, так и специалисты по моделированию урожая признают, что в оценках воздействий повышенной концентрации CO_2 , полученных посредством измерения в экспериментальных условиях и расчетов с использованием моделей, реальные реакции в условиях поля и фермы могут быть переоценены. Это объясняется множеством ограничивающих факторов, действующих в полевых условиях, таких, как вредители, сорняки, конкуренция за ресурсы, почвенная влага и качество воздуха. Эти важные факторы недостаточно изучены в крупномасштабных экспериментальных условиях, и, таким образом, недостаточно хорошо интегрированы в лучшие модели роста растений. Понимание ключевой динамики, характеризующей взаимодействие повышенной концентрации CO_2 с климатом, качеством почвы и воды, вредителями, сорняками и болезнями, изменчивостью климата и уязвимостью экосистем, остается первоочередной задачей для понимания будущих последствий изменения климата для управляемых систем. [РГII, 5.4.1, 5.8.2]

4.2.3 Проекции

Изменения в потребностях в воде и обеспеченности водой в условиях изменения климата окажут в XXI

веке существенное влияние на сельскохозяйственную деятельность и продовольственную безопасность, лесное хозяйство и рыболовство. С одной стороны, изменение соотношения испарение/осадки изменит потребность растений в воде по сравнению с исходными условиями без учета изменения климата. С другой стороны, изменившиеся режимы осадков и накопления воды на уровне водосборного бассейна изменят сезонную, годовую и межгодовую обеспеченность водой наземных и водных агроэкосистем (ФАО, 2003 г.). Изменения климата увеличивают потребность в орошении в большинстве районов мира вследствие сочетания уменьшения количества осадков и повышения объема испарения, обусловленного повышением температуры. [РГII, 5.8.1]

Ожидается, что проецируемые изменения в частоте и интенсивности экстремальных климатических явлений, таких, как повышенная частота тепловых стрессов, засухи и наводнений, имеют значительные последствия для производства продовольствия, лесного хозяйства (и для риска возникновения лесных пожаров) и других агроэкосистем в дополнение к последствиям изменений только в средних величинах метеорологических переменных. [РГII, 5 Р] В частности, более 90% модельных расчетов прогнозируют к концу XXI века усиление засух в субтропиках [РГII, РП], в то время как рост экстремальных осадков прогнозируется в основных районах сельскохозяйственного производства в южной и восточной части Азии, в восточной части Австралии и в северной части Европы. [РГII, 11.3, 11.4, 11.7] Следует отметить, что модели последствий изменения климата для продовольствия, продукции лесного хозяйства и волокнистых продуктов не включают пока последние выводы о проецируемых режимах изменения осадков. Прогнозируется, что после того, как воздействия экстремальных явлений на продуктивность будут учтены, отрицательные последствия окажутся еще более неблагоприятными по сравнению с теми, которые были рассчитаны в настоящее время. [РГII, 5.4.1, 5.4.2]

Процентные изменения среднегодового стока служат показателем среднего уровня обеспеченности водой растительного покрова. Проецируемые изменения среднегодового стока в период между настоящим временем и 2100 г. [РГII, глава 3] демонстрируют определенные согласующиеся между собой тенденции: увеличение в высоких широтах и влажных тропиках, и сокращение в средних широтах и некоторых районах сухих тропиков (рис.4.1b). Снижение уровня водообеспеченноси служит признаком растущего водного стресса, при этом, в частности, предполагается ухудшение положения в районах, где вода для производства уже является дефицитом (например, в Средиземноморском бассейне, Центральной Америке и субтропических районах Африки и Австралии, см. рис. 4.1b). [РГII, 5.3.1]

Наконец, важно, вероятно, признать, что в грядущие десятилетия на состояние систем производства и водных ресурсов чрезвычайно сильное влияние будут оказывать одновременные взаимодействия социально-экономических и климатических факторов. Например, рост потребностей в воде для орошения в сельском хозяйстве будет зависеть как от меняющихся климатических условий, так и от роста потребностей увеличивающегося населения в продовольствии. Кроме того, наличие воды, необходимой для обеспечения продуктивности лесонасаждений, будет зависеть как от климатических факторов, так и от жизненно важного антропогенных последствий, особенно обезлесения в тропических районах. Например, в бассейне Амазонки сочетание обезлесения и усиления фрагментации может вызвать сильные засухи в дополнение к климатическому сигналу, что приведет к повышению риска возникновения пожаров. [РГII, 5.3.1]

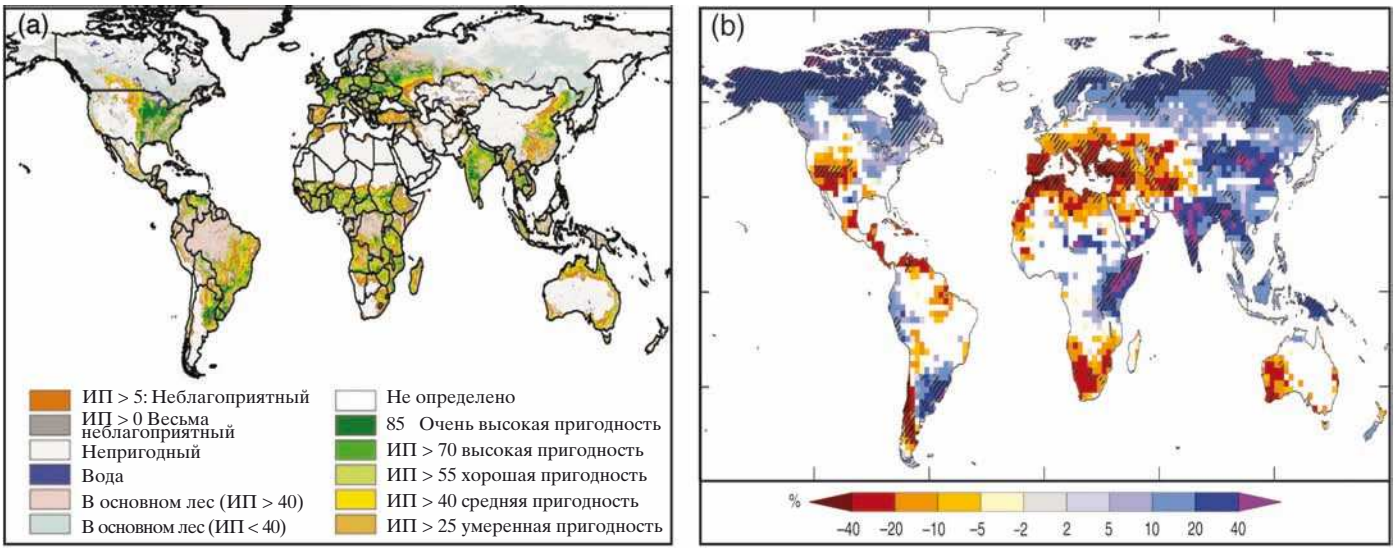


Рис. 4.1: *(a) Сегодняшняя пригодность земель для возделывания неорошаемых сельскохозяйственных культур (за исключением лесных экосистем) (по данным Фишера и др. (Fisher et al., 2002b)). ИП- индекс пригодности [РГII, рис. 5.1a]; (b) средняя по ансамблю величина прогнозируемого процентного изменения в среднегодовом стоке за период между настоящим временем (1980-1999 гг.) и 2090-2099 гг. [На основе ОД, рис. 3.5]*

4.2.3.1 Сельскохозяйственные культуры

В целом, в то время как в высокоширотных регионах умеренное потепление положительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность пастбищ, в низкоширотных или сезонно засушливых регионах даже незначительное потепление пагубно сказывается на урожайности. Результаты моделирования для разных мест показывают, что в высокоширотных районах умеренно-среднее повышение местной температуры (1-3°C) наряду со связанным с ним повышением концентраций CO_2 и изменениями в количестве осадков может оказать небольшое положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Однако в низкоширотных районах даже умеренное повышение температуры (1-2°C), *вероятно,* будет иметь негативные последствия для урожайности основных зерновых культур. Дальнейшее потепление будет иметь все более негативные последствия во всех регионах. [РГII, 5.Р]

Регионы, где сельское хозяйство малопродуктивно, в основном вследствие сочетания неплодородной почвы, недостатка воды и бедности сельского населения, могут пострадать в еще большей степени в результате последствий изменения климата для водных ресурсов. Как следствие, даже небольшие изменения климата могут увеличить число людей, которым угрожает голод, при этом последствия будут особенно серьезными в странах Африки к югу от Сахары. [РГII, 5.Р]

Более частые экстремальные климатические явления могут снизить урожайность сельскохозяйственных культур, помимо последствий среднего изменения климата. При проведении исследований с использованием моделей после публикации ТДО рассматривались конкретные аспекты роста изменчивости климата в рамках сценариев изменения климата. Розенцвейг и др. (Rozenzweig et al. (2003)) рассчитали, что согласно сценариям, предполагающим увеличение сильных осадков, в 2030 г. в США потери продукции, обусловленные чрезмерным увлажнением почвы (увлажнение и сегодня уже значительно), удвоятся и составят 3 млрд долл.США в год. В Бангладеш прогнозируется увеличения риска потери урожая в связи с более частыми наводнениями в условиях потепления климата. Наконец, исследования последствий изменения климата, предполагающие более высокую интенсивность дождевых осадков, показывают увеличение риска эрозии почвы; в засушливых и полузасушливых районах высокая интенсивность дождевых осадков может обуславливать более высокую вероятность засоления из-за потери воды за пределами корнеобитаемого слоя почвы. [РГII, 5.4.2.1]

Последствия изменения климата для потребностей в воде для орошения могут быть значительными. В рамках нескольких новых исследований была дана дальнейшая количественная оценка последствий изменения климата для потребностей в воде для орошения в региональном и глобальном масштабах, независимо от положительно влияния повышенной концентрации CO_2 на эффективность водопользования для сельскохозяйственных культур. Долл (Döll (2002)), рассматривая прямые последствия изменения климата для величины испаряемости без учета каких-либо воздействий CO_2, оценил рост к 2070 г *чистых* потребностей в орошении сельскохозяйственных культур (т.е. чистых потерь на транспирацию) в глобальном масштабе на уровне 5% - 8%, при этом в региональном масштабе в Юго-Восточной Азии рост будет еще более значительным (например, + 15%). [РГII, 5.4.2.1]

Фишер и др. (Fischer et al. (2006)) в исследовании, в котором рассматривались также позитивные воздействия CO_2 на эффективность водопользования для сельскохозяйственных культур, в результате расчетов получили рост глобальных чистых потребностей в орошении к 2080 г на 20%, при этом последствия для развитых регионов будут более значительными, чем для развивающихся вследствие как увеличения испаряемости, так и большей продолжительности вегетационного периода в условиях изменения климата. Фишер и др. (Fischer et al. (2006)) и Арнелл и др. (Arnell et al. (2004)) также прогнозировали усиление водного стресса (определяется как соотношение между забором воды для орошения и возобновляемыми водными ресурсами) на Ближнем Востоке и в Юго-Восточной Азии. Недавние региональные исследования также жизненно важную динамику взаимосвязи между изменением климата и водными ресурсами в основных орошаемых районах, таких, как северная часть Африки (рост потребностей в воде для орошения; Abou-Hadid et al., 2003) и Китай (снижение потребностей; Tao et al., 2003). [РГII, 5.4.2.1]

Несколько комплексных исследований было проведено на национальном уровне. В США два исследования по адаптации сельскохозяйственного сектора к изменению климата с использованием моделирования (т.е. исследования сдвигов в соотношении между производством на орошаемых и неорошаемых землях) прогнозируют, согласно разным сценариям климата, сокращение после 2030 г. как орошаемых площадей, так и заборов воды (Reilly et al., 2003; Thomson et al., 2005a). Это связано с сокращением разрыва между урожайностью на орошаемых и неорошаемых землях, вызванного либо снижением урожайности орошаемых культур в связи с повышением температуры, либо повышением урожайности неорошаемых культур в связи с увеличением количества осадков. Эти исследования не учитывают рост изменчивости в суточной суммы осадков и по той причине урожайность неорошаемых культур, вероятно, переоценена. [РГII, 3.5.1]

Согласно прогнозу исследования, проведенного ФАО, к 2030 г. в развивающихся странах забор воды для орошения увеличится на 14%, но последствия изменения климата в нем не рассматривались (Bruinsma, 2003). Однако по четырем сценариям Оценки экосистем на рубеже тысячелетия прогнозируется значительно меньшее увеличение забора воды для орошения в глобальном масштабе, так как эти сценарии предполагают, что орошаемая площадь 2030 г. увеличится только в пределах от 0% до 6%; а к 2050 г. – от 0% до 10%. [РГII, 3.5.1]

Вероятно, очень сильно увеличится водопользование в коммунально-бытовом и промышленном секторах, при этом забор воды увеличится к 2050 г. в пределах от 14% до 83% (Оценки экосистем на рубеже тысячелетия, 2005a, b). Такое предположение основано на идее о том, что ценность воды для коммунально-бытового и промышленного использования будет намного выше, что особенно верно в условиях водного стресса. [РГII, 3.5.1]

В локальном масштабе орошаемое земледелие может столкнуться с новыми проблемами, связанными с пространственным и временным распределением речного стока. Например, в низких широтах, особенно в Юго-Восточной Азии, ранее таяние снега, может вызвать весенний паводок и привести к недостатку воды для орошения летом. [РГII, 5.8.3]

4.2.3.2 Пастбища и домашний скот

Многие пастбищные угодья в мире расположены в полузасушливых областях и чувствительны к недостатку воды; любое дальнейшее сокращение водных ресурсов будет иметь серьезные последствия для их кормовой продуктивности. В результате рост изменчивости климата и засух может привести к потерям в поголовье скота. В частности, воздействие на продуктивность животных усиления изменчивости режимов погоды, *вероятно*, будет гораздо более значительным, чем воздействия, связанные с изменением типичных климатических условий. Наиболее частые катастрофические потери будут обусловлены недостатком предварительной подготовки к явлением погоды на ограниченных кормовых площадках для скота, при этом экономические потери от снижения продуктивности скота будут в несколько раз превышать потери, связанные с его гибелью. [РГII, 5.4.3.1]

Многие пастбищные угодья в мире оказались затронутыми явлениями Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО). В условиях связанных с ЭНСО засух в сухих районах имеется риск позитивной обратной связи между деградацией почвы и растительности и сокращением количества осадков, последствиями чего станут потери как пастбищных, так и сельскохозяйственных угодий. [РГII, 5.4.3.1] Однако, хотя в ТДО РГI говорилось о вероятности увеличение частоты ЭНСО в условиях изменения климата, в ДО4 РГI взаимосвязей между ЭНСО и изменением климата не выявлено. [РГI, ТДО, РП; РГI, 10.3.5.4]

Обзор экспериментальных данных со всего мира свидетельствует о том, что небольшое потепление обычно увеличивает продуктивность лугопастбищных угодий, при этом самая сильная позитивная реакция наблюдается в высоких широтах, а продуктивность и состав растений на пастбищных угодьях сильно взаимосвязаны с осадками. Кроме того, согласно недавно полученным результатам (см. рис. 4.1), прогнозируется сокращение дождевых осадков в основных

Вставка 4.1: Изменение климата и рыболовство в нижнем течении Меконга – пример многократных стрессовых воздействий в результате деятельности человека на систему рыбного хозяйства в мегадельте [РГII, вставка 5.3]

Рыбный промысел имеет существенное значение для жизни людей, особенно для малоимущего сельского населения, проживающего в странах по нижнему течению Меконга. Две трети из 60 млн. человек, населяющих бассейн, в какой-то мере участвуют в рыбном промысле, составляющем около 10% ВВП Камбоджи и Лаосской народно-демократической республики (ЛНДР). Обычно в реке встречается около 1 000 видов рыб и большое количество морских мигрирующих видов, что делает ее фауну одной из самых плодовитых и разнообразных в мире (Комиссия по реке Меконг, 2003 г.). Недавние оценки ежегодной добычи только в традиционных местах рыбного лова превышают 2,5 млн тонн (Hortle and Bush, 2003), при этом 30% этого количества составляет улов в дельте.

Непосредственные воздействия изменения климата произойдут в результате изменяющихся режимов выпадения осадков, снеготаяния и повышения уровня моря, что повлияет на гидрологию и качество воды. Косвенные эффекты будут иметь место вследствие изменяющихся мозаик растительности, что может внести изменения в пищевую цепь и увеличить почвенную эрозию. Вероятно, что воздействия человека на рыбные ресурсы (вызванные ростом населения, противопаводковой защитой, увеличением водозаборов, изменениями в землепользовании и чрезмерным ловом рыбы) будут более значительными, чем влияние климата, однако эти воздействия тесно взаимосвязаны.

Анализ воздействия в сценариях изменения климата на сток реки Меконг (Hoanh et al., 2004) дает оценки увеличения максимального месячного стока на 35-41% в бассейне и 16-19% в дельте (более низкая величина относится к периоду 2010-2038 гг. и более высокая величина к 2070-2099 гг., по сравнению с уровнями 1961-1990 гг.). По оценкам, минимальный месячный сток уменьшится на 17-24% в бассейне и на 26-29% в дельте. Увеличение паводков окажет положительное влияние на продуктивность рыбного промысла, однако сокращение среды обитания во время сухого сезона может уменьшить пополнение некоторых видов. Тем не менее ожидается, что планируемые вмешательства в рамках управления водными ресурсами, главным образом плотины, окажут противоположный эффект на гидрологию, а именно, минимальным образом уменьшая сток в период дождей и значительно увеличивая сток сухого сезона (Всемирный банк, 2004b).

Модели показывают, что даже небольшое повышение уровня моря на 20 см вызовет смещение контурных линий уровней воды в дельте. Меконга на 25 км вглубь суши в период паводков и поднятие соленых вод далее вверх по течению (хотя и ограниченное каналами) во время сухого сезона (Wassmann et al., 2004). Внутриматериковое движение соленых вод внесет значительное изменение в видовой состав рыбных ресурсов, но может и не иметь пагубных последствий для всего рыбного промысла.

районах лугопастбищных и пастбищных угодий (например, в Южной Америке, южной и северной частях Африки, западной части Азии, Австралии и южной части Европы). [РГII, 5.4.3.2]

Повышенное содержание CO_2 в атмосфере может снизить сокращение почвенной влаги на некоторых естественных и полуестественных лугопастбищных угодьях в зоне умеренного и Средиземноморского климата. Однако, в сочетании с изменением климата рост изменчивости дождевых осадков и повышение температуры могут вызвать более существенный недостаток почвенной влаги и, следовательно, уменьшить продуктивность, уравновешивая таким образом благоприятные воздействия CO_2. Другие последствия для домашнего скота будут связаны непосредственно с увеличением температурной нагрузки. [РГII, 5.4.3.2]

4.2.3.3 Рыболовство

Негативные последствия изменения климата для аквакультуры и рыбного промысла в пресных водах включают следующее: стресс, вызванный повышением температуры и потребностью в кислороде, и снижение содержания pH; неопределенное качество и объем воды в будущем; экстремальные метеорологические явления; более частые заболевания и случаи отравления токсичными веществами; повышение уровня моря и конфликт интересов, связанный с потребностями в защите прибрежной зоны; и неопределенные будущие поставки рыбной муки и рыбьего жира в результате ведения рыбного промысла. Исследование на конкретном примере многочисленных стрессов, которые могут затронуть рыбный промысел в развивающихся странах, включено во вставку 4.1. [РГII, 5.4.6.1]

Положительные воздействия включают увеличение коэффициентов роста и эффективности использования кормов; увеличение продолжительности вегетационного сезона; расширение границ ареала; и использование новых площадей в результате сокращения ледяного покрова. [РГII, 5.4.6.1]

4.2.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие

Управление водными ресурсами является чрезвычайно важным компонентом, который необходимо адаптировать в свете как климатического, так и социально-экономического стресса в предстоящие десятилетия. Изменения в водопользовании будут вызываться совместным воздействием следующих факторов: изменения в обеспечении водой, изменения потребностей в воде орошаемых земель, а также других конкурирующих секторов, включая городской, и перемены в управлении водными ресурсами.

Практика, которая повышает продуктивность потребления воды для орошения – определенную, как растениеводческая продукция на единицу водопользования, – может обеспечить значительную потенциальную возможность адаптации для всех производственных наземных систем к будущему изменению климата. В то же время, повышение эффективности орошения является важным фактором для обеспечения наличия воды, как для производства продовольствия, так и для удовлетворения конкурирующих потребностей человека и окружающей среды. [РГII, 3.5.1]

Результаты нескольких исследований при помощи моделей свидетельствуют о возможности извлечения относительной пользы благодаря адаптации в земельном секторе при потеплении от небольшого до умеренного уровня несмотря на то, что некоторые стратегии реагирования могут явиться причиной дополнительного стресса для водных и других ресурсов окружающей среды по мере усиления потепления. *Автономные адаптационные* меры определяются как меры реагирования, которые будут осуществляться отдельными фермерами, сельскими сообществами и/или организациями фермеров, зависящими от предполагаемого или реального изменения климата в предстоящие десятилетия, и без вмешательства и/или координирования региональными и национальными правительствами и международными соглашениями. В этой связи неправильная адаптация, например принуждение к возделыванию малоплодородных земель или применению неустойчивых методов культивации вследствие снижения урожайности, может усилить деградацию земель и подвергнуть опасности биоразнообразие как диких, так и домашних видов животных, и, возможно, поставит под угрозу будущие возможности для реагирования на растущие климатические риски в более поздний период этого века. Поэтому для содействия получению максимальных долгосрочных выгод в результате адаптационного реагирования на изменение климата и их максимальной эффективности потребуется *плановая адаптация*, включая изменения в политике, учреждениях и целевой инфраструктуре. [РГII, 5.5]

4.2.4.1 Автономная адаптация

Вариантами автономной адаптации являются главным образом расширение или интенсификация существующей деятельности по управлению рисками и повышению производительности, и поэтому уже доступные для фермеров и сообществ. Применительно к водным ресурсам они включают:

- выбор разновидностей/видов с повышенной устойчивостью к тепловому шоку и засухам;
- изменение методов орошения, включая количество, сроки или технологию;
- принятие эффективных водных технологий для «сбора урожая» воды, сохранения почвенной влаги (например, сохранение пожнивных остатков), и уменьшения заиливания и вторжения соленых вод;
- улучшение управления водными ресурсами для предотвращения заболачивания, эрозии и вымывания;
- изменение графиков сельскохозяйственных культур, т.е., сроков, или местоположения культивирования растений;
- осуществление сезонного климатического прогнозирования.

Дополнительные стратегии адаптации могут включать изменения в землепользовании, которые учитывают новые агроклиматические условия. [РГII, 5.5.1]

Несколько исследования с использованием моделей показывают важное значение воды для орошения в качестве метода адаптации с целью уменьшения воздействий изменения климата. Однако в целом проекции свидетельствуют о том, что наибольшая относительная польза от адаптации

будет получена в условиях небольшого - умеренного потепления и что методы адаптации, включающие увеличение использования воды для орошения, могут фактически привести к дополнительному стрессу для водных ресурсов и окружающей среды по мере усиления потепления и потребности в испарении. [РГII, 5.8.1]

В дополнение к растениеводству были также исследованы многие стратегии адаптации в ключевых секторах производства, хотя и без прямой направленности на проблемы водных ресурсов. Стратегии адаптации, которые могут, тем не менее, затронуть водопользование, включают, применительно к системам животноводства, изменение пастбищного оборота, содержания скота на пастбище, замену фуража и видов/пород животных, изменение интеграции в смешанных системах животноводства/сельскохозяйственных культур, в т.ч. применение адаптированных кормовых культур, заботу об обеспечении соответствующего водоснабжения и использование дополнительных кормов и концентратов. Стратегии решения проблем скотоводов в полузасушливых и засушливых районах Кении и южной части Эфиопии обсуждаются во вставке 4.2. [РГII, 5.4.7]

Стратегии адаптации для лесоводства могут включать изменения в интенсивности природопользования, смешивание видов, оборот рубки, приспособление к новым размерам и качеству древесины и корректировку систем борьбы с пожарами. [РГII, 5.5.1]

Что касается морских экосистем, за исключением аквакультуры и некоторых пресноводных рыбных промыслов, то эксплуатация естественных популяций рыб исключает тот вид управленческих адаптаций к изменению климата, который был предложен для секторов растениеводства, животноводства и лесоводства. Таким образом варианты адаптации сосредоточены на изменении размера улова и промысловой деятельности. Масштаб автономной адаптации в возрастающей степени ограничивается по мере вступления в силу новых правил, регулирующих эксплуатацию рыбных ресурсов и морских экосистем. [РГII, 5.5.1]

Стратегии адаптации, касающиеся производственных систем, в случае их широкомасштабного применения будут характеризоваться значительным потенциалом для уравновешивания отрицательных воздействий изменения климата и выгодного использования его положительных последствий. Однако проведено мало оценок того, насколько эффективными и широкомасштабными могут быть эти адаптации с учетом сложного характера принятия решений; разнообразия мер реагирования в регионах; временных разрывов в осуществлении; и возможных экономических, институциональных и культурных барьеров для изменения. Например, реальная для реализации адаптационная способность бедных сельскохозяйственных/скотоводческих общин в целом считается очень низкой. Аналогичным образом, непосредственная деятельность человека, связанная с рациональным использованием обширных лесных территорий, является минимальной,

Вставка 4.2: Стратегии решения проблем скотоводов в северной части Кении и южной части Эфиопии. [РГII, вставка 5.5]

Скотоводство в Африке развивалось в условиях адаптации к суровой окружающей среде при очень высокой пространственно-временной изменчивости дождевых осадков (Ellis, 1995). В ряде последних исследований (Ndikumana et al., 2000; Hendy and Morton, 2001; Oba, 2001; McPeak and Barrett, 2001; Morton, 2006) основное внимание уделялось стратегиям решения проблем, примененным скотоводами во время недавних засух в северной части Кении и южной части Эфиопии, и более долгосрочным адаптациям, на которых они основаны.

- *Мобильность* остается наиболее важным способом адаптации скотоводов к пространственно-временной изменчивости дождевых осадков, и в засушливые годы многие общины используют резервные пастбищные площади, которые не использовались в «нормальные» сухие сезоны из-за их отдаленности, ограничений на землепользование, проблем с болезнью животных или конфликтов. Однако посягательство на общинные пастбища и их дробление по отдельным хозяевам, а также стремление к оседлости для получения доступа к социальному обеспечению и продовольственной помощи сильно ограничили мобильность скотоводов.
- Скотоводы занимаются *собиранием скота в стадо*, и большинство свидетельств говорит о том, что это является рациональной формой страхования против засухи.
- Небольшая часть скотоводов сейчас хранит часть своего состояния на банковских счетах, тогда как другие пользуются неофициальными сберегательными и кредитными услугами, предоставляемыми владельцами магазинов.
- Скотоводы также используют *дополнительные корма для скота*, покупая их или обрезая ветки с деревьев, в качестве стратегии решения проблем; они активно влияют на процесс протекания болезней *у животных*, используя для этого традиционные и научные знания; они платят за *доступ к воде*, которая выкачивается из скважин насосами.
- *Диверсификация* источников существования, помимо скотоводства в этом регионе, в основном принимает форму перехода к таким низкодоходным или экологически неустойчивым видам занятости, как производство древесного угля, а не к осуществлению стратегии адаптации для уменьшения *ожидаемой* уязвимости.
- Ряд *внутриобщинных механизмов* распределяют как животноводческую продукцию, так и разрешения на использование живых животных бедняками, но, по-видимому, они действуют неэффективно из-за высоких уровней риска разногласий внутри общин.

что ограничивает возможности адаптации. Даже в лесах с более рациональным управлением, где деятельность по адаптации может быть более осуществимой, длительные временные разрывы между лесопосадками и лесозаготовками могут усложнить принятие действенных стратегий адаптации [РГII, 5.1.1]

4.2.4.2 Плановая адаптация

Решения по плановой адаптации должны быть сосредоточены на развитии новой инфраструктуры, программ и учреждений, которые будут поддерживать, поощрять, координировать и максимально использовать выгоды новых принципов управления и землепользования. Это может быть достигнуто, в общем, за счет улучшения управления, включая учет изменения климата в программах по развитию; увеличение инвестиций в инфраструктуру орошения и технологии эффективного водопользования; обеспечение соответствующей инфраструктуры перевозок и хранения; пересмотр условий землевладения (включая уделение внимания четкому определению имущественных правам); и создание доступных, эффективно работающих рынков для продукции и вкладов (включая схемы определения цен на воду) и для финансового обслуживания (включая страхование). [РГII, 5.5]

Плановая адаптации и координация политики в рамках многочисленных учреждений могут быть необходимы для содействия адаптации к изменению климата, в частности там, где падающая продуктивность отрицательно сказывается на возделывании малоплодородных земель способствует внедрению неприемлемых методов культивации, усиливая таким образом как деградацию земель, так и использование ресурсов, включая воду. [РГII, 5.4.7]

Ряд оценок адаптации в глобальном, национальном и бассейновом масштабе показывают, что в общем полузасушливые и засушливые бассейны являются самыми уязвимыми для водного стресса. При уменьшении осадков потребность в воде для орошения сделает невозможным удовлетворение всех других потребностей. Прогнозируемые изменения руслового стока в бассейнах рек Сакраменто-Хоакин и Колорадо показывают, что сегодняшний спрос на воду не может быть удовлетворен до 2020 г., даже с использованием методов адаптивного управления. Увеличение использования воды для орошения приведет к уменьшению как стока, так и потока в нижнем течении (Eheart and Tornil, 1999). [РГII, 3.5.1]

Политика, направленная на оправдывающее себя повышение эффективности орошения либо за счет рыночных механизмов, либо ужесточения нормативных правил и совершенствования управления, является важным инструментом для повышения способности к адаптации в региональном масштабе. Непреднамеренными последствиями могут быть увеличение потребительского водопользования в верхнем течении, приводящее к лишению пользователей в нижнем течении той воды, которая в противном случае вновь вернулась бы в поток в виде возвратного стока (Huffaker, 2005). [РГII, 3.5.1]

В настоящее время в дополнение к методам, уже доступным фермерам и управляющим земельными угодьями, необходимо предоставить новые технические варианты посредством целевых исследований и разработок, которые должны планироваться и осуществляться сейчас, с целью усиления общей способности реагирования на изменения климата в будущих десятилетиях. Технологические варианты для разработки в рамках расширенных научных исследований и разработок включают традиционную селекцию и биотехнологию в целях повышения устойчивости сельскохозяйственных и кормовых культур, крупного рогатого скота, лесонасаждений и рыбных ресурсов к таким климатическим стрессам, как засуха и наводнения (вставка 4.3).

Вставка 4.3 Поможет ли биотехнология адаптации сельского хозяйства и лесов? [РГII, вставка 5.6]

Биотехнология и обычная селекция могут помочь вывести новые сорта с улучшенными характеристиками, которые лучше подходят для адаптации к условиям изменения климата. Они включают устойчивость к стрессу засухи и температуры; устойчивость к вредителям и болезням, засолению и заболачиванию. Дополнительные возможности для новых сортов включают изменения в фенологии или повышенное реагирование на увеличение содержания CO_2. В отношении водных ресурсов, в ряде исследований были зарегистрированы генетические изменения в основных видах сельскохозяйственных культур (например, маисе и соевых бобах), которые усилили их устойчивость к дефициту воды (см. обзор Drennen et al., 1993; Kishor et al., 1995; Pilon-Smits et al., 1995; Cheikh et al., 2000), хотя это может и не относиться к значительному числу хлебных злаков. В целом в настоящее время известно слишком мало о том, как желаемые качества, достигнутые генетическим изменением, проявят себя при применении в реальном сельском и лесном хозяйстве (Sinclair and Purcell, 2005).

4.2.4.3 Продовольственная безопасность и уязвимость

Все четыре фактора продовольственной безопасности, а именно, наличие продовольствия (производство и торговля), доступ к продовольствию, стабильность запасов продовольствия, и потребление продовольствия (фактические процессы, участвующие в подготовке и потреблении продовольствия), *вероятно,* будут затронуты изменением климата. Важно, что продовольственная безопасность будет зависеть не только от климатических и социально-экономических воздействий на производство продовольствия, но также (и существенным образом) от изменений торговых потоков, запасов и политики по оказанию продовольственной помощи. В частности, изменение климата приведет к смешанным и географически меняющимся воздействиям на производство продовольствия, и, таким образом, на доступ к продовольствию. Тропические развивающиеся страны, многие из которых имеют скудные земельные и водные ресурсы и уже сталкиваются с серьезной

проблемой отсутствия продовольственной безопасности, могут быть особенно уязвимы для изменения климата. [РГII, 5.6.5]

Изменения частоты и интенсивности засух и наводнений затронут стабильность жизненно важных поставок продовольствия и доступа к ним. Дефицит дождевых осадков может резко сократить и урожайность, и численность поголовья скота в полузасушливых тропиках. Отсутствие продовольственной безопасности и потеря средств к существованию будут еще больше усугубляться из-за сокращения как возделываемых земель, так и прибрежных рыбоводных хозяйств в результате затопления и эрозии берегов в низменных районах. [РГII, 5.6.5]

Изменение климата может также затронуть потребление продовольствия в результате воздействий на ресурсы окружающей среды, сопровождаемых серьезными последствиями для здоровья. [РГII, глава 8] Например, уменьшение обеспеченности водой в регионах с уже скудными водными ресурсами, особенно в субтропиках, имеет прямые отрицательные последствия и для пищевой промышленности, и для потребления. Наоборот, повышение риска затопления поселений человека в прибрежных районах, как в результате повышения уровня моря, так и увеличения сильных осадков, может привести к росту загрязнения продовольствия и распространения болезней, сокращая традиционные системы потребления. [РГII, 5.6.5]

4.2.4.4 Вопросы качества воды

В развивающихся странах микробиологическое качество воды неудовлетворительное из-за отсутствия санитарии, должных методов очистки и плохих условий для здоровья (Lipp et al., 2001; Jimenez, 2003; Maya et al., 2003; ВОЗ, 2004 г.). Изменение климата может привести к дополнительным стрессам для качества воды, особенно в развивающихся странах (Magadza, 2000; Kashyap, 2004; Pachauri, 2004). Пока не было проведено ни одного исследования, в котором главное внимание уделялось жизненным циклам микроорганизмов применительно к развивающимся странам, где наблюдаются изменения климата, в том числе столь необходимое особое внимание последствиям использования плохо очищенных сточных вод для орошения и его связи с эндемическими вспышками гельминтоза) (ВОЗ/ЮНИСЕФ, 2000 г.). [РГII, 3.4.4]

Примерно 10% населения в мире потребляет зерновые культуры, орошаемые неочищенными или плохо очищенными сточными водами, большей частью в развивающихся странах в Африке, Азии и Латинской Америке. Проекция дает увеличение этой цифры с ростом населения и потребностей в продовольствии. [РГII, 8.2.5] Поэтому увеличение использования должным образом очищенных сточных вод для орошения является стратегией борьбы и с дефицитом водных ресурсов и с некоторыми связанными с этим проблемами здоровья. [РГII, 3.4.4]

4.2.4.5 Сельские общины, устойчивое развитие и конфликты из-за водных ресурсов

Трансграничное сотрудничество в области водных ресурсов является признанным инструментом эффективной политики и управления для улучшения управления водными ресурсами в крупных регионах, совместно использующих общие ресурсы. Изменение климата и увеличение спроса на воду в будущие десятилетия явится дополнительной проблемой для таких рамочных соглашений, увеличивая потенциальную возможность конфликтов на локальном уровне. Например, односторонние меры по адаптации к нехватке воды, связанной с изменением климата, могут привести к росту конкуренции в отношении водных ресурсов. Кроме того, сдвиги в продуктивности земель могут привести к появлению ряда новых или измененных сельскохозяйственных систем, необходимых для поддержания продуктивности, включая методы интенсификации. Последнее, в свою очередь, может вызвать дополнительные нагрузки на окружающую среду, что приведет к гибели среды обитания и сокращению биоразнообразия, отложению наносов, почвенной эрозии и деградации. [РГII, 5.7]

Можно также ожидать последствия для торговли, экономики, эволюции окружающей среды и землепользования в результате осуществления мер по замене ископаемых видов топлива на биотопливо, таких как Европейский план действий по биомассе. Крупномасштабное производство биотоплива поднимает вопросы по ряду проблем, включая требования к удобрениям и пестицидам, круговорот биогенных веществ, энергетический баланс, воздействия на биоразнообразие, гидрология и эрозия, конфликты, связанные с производством продовольствия, и требуемый уровень финансовых субсидий. Фактически, возникающие проблемы будущих десятилетий включают нахождение равновесия в конкуренции за земли и сырье для продовольствия, лесное хозяйство и энергетические секторы, например, выработка решений, обеспечивающих права на продовольствие и местное сельское развитие, хотя при этом максимально возрастают потребности в энергии и смягчении последствий изменения климата. [ЗИЗЛХ, 4.5.1]

В Северной Америке засуха может усилиться во внутренних областях континента, и производственные площади могут переместиться на юг (Mills, 1994), особенно для маиса и соевых бобов (Brklacich et al., 1997). [РГII, ТДО, 15.2.3.1] В Мексике засухи могут играть решающую роль в уменьшении продуктивности, так как агроэкологические зоны, пригодные для выращивания маиса, сокращаются (Conde et al., 1997). [РГII, ТДО, 14.2.2.1] Засуха является существенной проблемой для всей Австралии по социальным, политическим, географическим и экологическим причинам. Изменение климата в сторону более засушливых условий, как следствие уменьшения количества осадков и увеличения потребности в испарении, вызовет более частые и более объемные заявления в связи с засухой в рамках текущих принципов политики Австралии в отношении засух. [РГII, ТДО, 12.5.6]

Водные ресурсы являются основной проблемой уязвимости в Африке, затрагивающей бытовые, сельскохозяйственные и промышленные виды их использования. В совместно эксплуатируемых речных бассейнах необходимы протоколы о региональном сотрудничестве для минимизации, как вредных воздействий, так и потенциальных возможностей конфликтов. Например, площадь поверхности озера Чад изменяется от 20 000 км^2 во время сухого сезона до 50 000 км^2 во время

сезона дождей. Несмотря на то, что между Чадом, Нигерией, Камеруном и Нигером были установлены четкие границы, участки этих границ, расположенные на реках, впадающих в озеро Чад, никогда не определялись, и дополнительные осложнения возникают в результате как паводков, так и спада воды. Подобные проблемы на реке Конго между Ботсваной и Намибией привели к военной конфронтации. [РГII, ТДО, 10.2.1.2]

Растущая нехватка воды, рост населения, деградация совместно используемых пресноводных экосистем и конкурирующие потребности в сокращающихся природных ресурсах, распределенных на такой огромной площади, на которой расположено так много стран, чреваты потенциальной возможностью возникновения двусторонних и многосторонних конфликтов. В полузасушливых районах Африки, скотоводство является основной экономической деятельностью, при этом скотоводческие общины включают транснациональных мигрантов, занимающихся поиском новых сезонных пастбищ. В случае наступления засухи такие скотоводы могут вступать в конфликт с оседлыми аграрными системами. [РГII, ТДО, 10.2.1.2]

Азия доминирует в сфере аквакультуры в мире, при этом только Китай производит около 70% всей рыбы, креветок и моллюсков, выращиваемых на фермах (ФАО, 2006 г.). Рыба, являющаяся важным источником белка в пище, имеет большое значение для продовольственной безопасности во многих странах Азии, в частности в бедных общинах в прибрежных районах. Разведение рыбы на фермах требует земли и воды - двух ресурсов, нехватка которых уже ощущается во многих странах в Азии. Отвод воды для креветочных прудов заметно понизил уровни грунтовых вод в прибрежных районах Таиланда. [РГII, ТДО, 11.2.4.4]

По меньшей мере 14 основных международных речных водоразделов существуют в Азии. Управление водоразделами представляет проблему в странах с высокой плотностью населения, которые часто несут ответственность за использование даже наиболее уязвимых и непригодных районов в водоразделах для возделывания земель, проживания и другой интенсивной деятельности. В результате во многих странах, в частности Бангладеш, Непале, на Филиппинах, в Индонезии и Вьетнаме, многие водоразделы сильно страдают от обезлесения, беспорядочного преобразования земель, чрезмерной почвенной эрозии и снижения продуктивности земель. При отсутствии соответствующих стратегий адаптации эти водоразделы в высшей степени уязвимы для изменения климата. [РГII, ТДО, 11.2.3.2]

4.2.4.6 Смягчение последствий

Адаптационное реагирование и меры по смягчению последствий могут осуществляться одновременно в сельскохозяйственном и лесном секторах; их действенность будет зависеть от характера реального изменения климата в предстоящие десятилетия. Соответствующие взаимодействия этих факторов (изменение климата, адаптация и смягчение последствий) будут часто зависеть от водных ресурсов. [РГIII, 8.5, табл. 8.9]

Стратегии по адаптации и смягчению последствий могут либо характеризоваться синергией, когда оба действия усиливают друг друга, либо быть взаимно контрпродуктивными. В отношении воды примеры стратегии адаптации, которые ограничивают варианты смягчения последствий, в основном включают орошение в связи со стоимостью энергии для доставки воды и дополнительными выбросами парниковых газов, что может быть связано с изменением методов культивации. Использование возобновляемых источников энергии для забора и доставки воды, могло бы, однако, устранить такое противоречие. Аналогичным образом некоторые стратегии по смягчению последствий могут иметь отрицательные последствия для адаптации, такие, как рост зависимости от энергетических культур, которые могут являться элементом конкуренции за водные ресурсы, уменьшить биоразнообразие и, таким образом, усиливать уязвимость для экстремальных климатических условий. [РГIII, 12.1.4, 12.1.4]

С другой стороны, многие методы поглощения углерода, включая ограничение культивируемых площадей, увеличение растительного покрова и использование улучшенных систем севооборота, по сути, представляют собой - и фактически изначально разрабатывались с этой целью - «рациональные методы» агролесоводства. Они ведут к появлению более устойчивых к изменчивости климата производственных систем и обеспечивают, соответственно, хорошую адаптацию в условиях усиливающегося воздействия на водные и почвенные ресурсы (Rosenzweig and Tubiello, 2007). [РГII, 5.4.2; РГIII, 8.5]

4.3 Здоровье человека

4.3.1 Контекст

Здоровье человека, заключающееся в хорошем физическом, социальном и психологическом самочувствии, зависит от адекватного снабжения питьевой водой и безопасной окружающей среды. Люди подвержены действию изменения климата непосредственно через характер погоды (более интенсивные и частые экстремальные явления) и косвенно через изменения в воде, воздухе, качестве и количестве пищи, экосистемах, сельском хозяйстве, средствах к существованию и инфраструктуре. [РГII, 8.1.1] Ввиду очень большого числа людей, которые могут быть затронуты, наиболее значительными последствиями изменения климата для здоровья могут быть недоедание и нехватка воды (см. разделы 4.2 и 4.4). [РГII, 8.4.2.3]

Здоровье населения заметно улучшилось за последние 50 лет, но значительные несоответствия внутри стран и между странами продолжают оставаться. *Маловероятно*, что Цели развития, сформулированные в Декларации тысячелетия (МДГ), по уменьшению смертности детей в возрасте до 5 лет на две третьих к 2015 г. будут достигнуты в некоторых развивающихся странах. Плохое состояние здоровья повышает уязвимость и сокращает способность отдельных людей и групп адаптироваться к изменению климата. Группы населения с высокими показателями заболеваемости и нетрудоспособности менее успешно

справляется со стрессами всех видов, в том связанными с изменением климата. [РГII, 8.1.1]

По оценкам совместной программы мониторинга Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и ЮНИСЕФ в настоящее время 1,1 млрд людей (17% мирового населения) не имеют доступа к водным ресурсам, при этом доступ определяется как наличие по меньшей мере 20 литров воды на человека в день из очищенного источника воды, находящегося в пределах 1 км. Очищенный источник воды - это источник, который обеспечивает «безопасную воду», а именно, из бытового водопровода или скважины. Почти две трети населения без доступа к воде находятся в Азии. В странах Африки, расположенных к югу от Сахары, 42% населения не имеет доступа к очищенной воде. По оценкам ВОЗ, суммарное бремя болезней в результате недостаточного водоснабжения и плохой санитарии и гигиены составляет 1,7 млн. смертей в год. Последствия для здоровья, связанные с водоснабжением и санитарией, являются главной причиной озабоченности в отношении изменения климата во многих странах. В уязвимых районах сосредоточение рисков в результате необеспеченности продовольствием и водой может привести к особо суровым последствиям любых экстремальных погодных условий (например, паводок и засуха) для затронутых групп населения. [РГII, 9.2.2]

Изменения в экстремальных климатических условиях чреваты потенциальной возможностью тяжких последствий для здоровья человека. Ожидается, что наводнения станут более суровыми в связи с изменением климата, и это будет иметь последствия для здоровья человека. Уязвимость для паводков уменьшается, если имеется инфраструктура для удаления твердых отходов, утилизации сточных вод и снабжения питьевой водой. [РГII, 8.2.2]

Отсутствие воды для целей гигиены в настоящее время является причиной значительного бремени заболеваний по всему миру. Небольшая и безусловная часть этого бремени может быть отнесена к изменчивости климата или экстремальным климатическим условиям. «Нехватка воды» связана с многочисленными отрицательными результатами для здоровья, включая болезни, передаваемые через воду, загрязненную фекальными и другими опасными субстанциями (например, паразитами).

Детская смертность и заболеваемость, как результат диареи в странах с низким доходом, особенно в африканских странах к югу от Сахары, остается высокой, несмотря на улучшения в медицинском уходе и использование оральной регидратационной терапии. Ожидается, что изменение климата увеличит дефицит воды, но трудно оценить, что это означает на бытовом уровне для обеспечения водой, и отсюда для здоровья и гигиены. Отсутствует информация, связывающая крупномасштабное моделирование изменения климата с мелкомасштабными воздействиями на уровне населения или его отдельных групп. Кроме того, при любых оценках будущих воздействий на здоровье в результате изменений в обеспечении водой необходимо принимать во внимание будущие улучшения в доступе к «безопасной» воде. [РГII, 8.2.5, 8.4.2.2]

4.3.1.1 Последствия для качества питьевой воды

Связь между дождевыми осадками, речным потоком и загрязнением водоснабжения является очень сложной, как об этом говорится ниже, как для водопроводного водоснабжения, так и для непосредственного контакта с поверхностными водами. Если речные потоки уменьшились вследствие меньшего количества дождевых осадков, тогда их способность разбавлять стоки также снижается, что приводит к росту патогенной или химической нагрузки. Это может вызвать повышенную уязвимость человека, а в местах с водопроводным водоснабжением - рост проблем для водоочистных станций. Во время очень сухого лета 2003 г. меженные потоки воды в Нидерландах привели к очевидным изменениям качества воды (Senhorst and Zwolsman, 2005). Выраженный сезонный характер вспышек эпидемии холеры в бассейне Амазонки был связан с низким расходом реки в сухой сезон (Gerolomo and Penna, 1999), вероятно из-за высокой концентрации патогенных организмов в водоемах. [РГII, 8.2.5]

Управление системами дренажа и ливневыми водами является важным в городских сообществах с низким доходом, так как закупорка водостоков может вызвать затопление и рост передачи трансмиссивных болезней (Parkinson and Butler, 2005). Города с переливом из общесплавной канализации могут испытывать повышенное заражение сточных вод во время паводковых явлений. [РГII, 8.2.5]

В странах с высоким доходом выпадение осадков и сток могут увеличить общую микробную нагрузку в водотоках и накопителях питьевой воды, хотя связь со случаями болезней человека является менее определенной, так как концентрация загрязняющих веществ снижена. Сезонное загрязнение поверхностных вод ранней весной в Северной Америке и Европе может объяснить некоторый сезонный характер спорадических случаев таких заболеваний, передаваемых через воду, как криптоспоридиоз и кампилобациллярный энтерит. Значительная часть зарегистрированных вспышек эпидемий заболеваний, передаваемых через воду, связана с выпадением сильных осадков, зачастую вместе с авариями на очистных сооружениях. [РГII, 14.2.5, 8.2.5]

Цветение воды, вызванное массовым размножением пресноводных вредных водорослей (ЦВВ) образует токсины, которые могут вызвать болезни человека. Возникновение такого цветения в поверхностных водах (рек и озер) может усилиться из-за высоких температур. Однако угроза здоровью человека очень низкая, так как непосредственный контакт с цветущими водорослями обычно ограничен. Имеется небольшой риск загрязнения водоснабжения водорослевыми токсинами, но последствия для здоровья человека не определены. [РГII, 8.2.4, 3.4.4]

В районах с плохой инфраструктурой водоснабжения передача кишечных патогенов достигает пика в сезон дождей. Кроме того, было обнаружено, что высокие температуры связаны с увеличением числа случаев заболевания диареей (Checkley et al., 2000; Singh et al., 2001; Vasilev, 2003; Lama et al., 2004). Причина распространения этих заболеваний связана с плохой гигиеной и отсутствием доступа к безопасной воде. [РГII, 8.2.5]

4.3.1.2 Стихийные бедствия, включая штормовые ветры и паводки

В предыдущих разделах описывалось то, каким образом изменение климата повлияет на опасность связанных с водой стихийных бедствий, включая наводнения, вызванные прорывом ледниковых озер (ГЛОФ), усиление интенсивности штормовых нагонов и изменения риска паводков (см. раздел 3.2), в том числе бурный паводок и наводнения в городах, при этом несколько снижается риск весенних паводков, вызванных снеготаянием. [РГII, 3.4.3] Паводки оказывают значительное воздействие на здоровье как с точки зрения количества смертных случаев, так и тяжести заболеваний, а также урона, нанесенного инфраструктуре здравоохранения. [РГII, 8.2.2] В то время как риск инфекционных болезней вслед за наводнением обычно низкий в странах с высоким доходом, население с плохой инфраструктурой и высокой долей инфекционных болезней часто становится жертвой повышенного распространения диарейных заболеваний после паводковых явлений. Имеется все больше данных о воздействии, которое оказывают стихийные бедствия, связанные с климатом, на психическое здоровье, при этом люди, испытавшие на себе последствия паводков, находятся в состоянии длительного беспокойство и депрессии. [РГII, 8.2.2, 16.4.5]

Наводнение и сильные дождевые осадки могут привести к загрязнению воды химическими веществами, тяжелыми металлами или другими опасными веществами либо из их хранилищ, либо химическими веществами уже присутствующими в окружающей среде (например, пестициды). Как увеличение плотности населения, так и ускорение темпов промышленного развития в районах, подверженных стихийным бедствиям, повышает как вероятность будущих стихийных бедствий, так и потенциальную возможность массового воздействия на людей опасных материалов во время этих явлений. [РГII, 8.2.2]

4.3.1.3 Засуха и инфекционные болезни

Для нескольких инфекционных заболеваний установлена зависимость от выпадения осадков, которая не связана с потребления питьевой воды (качество или количество) или членистоногими переносчиками. Пространственное распределение, интенсивность и сезонность менингококкового (эпидемического) менингита в Сахельском районе Африки связаны с климатическими и экологическими факторами, в особенности с засухой, хотя причинный механизм до конца не выявлен. Географическое распространение менингита в Западной Африке за последние годы расширилось, что можно отнести к изменению окружающей среды, вызванному переменами в землепользовании и региональным изменением климата. [РГII, 8.2.3.1]

4.3.1.4 Пыльные бури

Переносимая ветром пыль, возникающая в районах пустынь Африки, Аравийского полуострова, Монголии, Центральной Азии и Китая, может повлиять на качество воздуха и здоровье человека в отдаленных местах. По сравнению условиями погоды, характеризуемыми отсутствием пыли, пыль может переносить большие концентрации вдыхаемых частиц; микроэлементы, которые могут повлиять на здоровье человека; споры грибов; и бактерии. [РГII, 8.2.6.4]

4.3.1.5 Трансмиссивные заболевания

Климат оказывает влияние на пространственное распределение, интенсивность трансмиссии и сезонность заболеваний, передаваемых переносчиками (например, малярия), и болезней, промежуточными носителями которых являются водяные улитки (например, шистосомоз). [РГII, 8.2.8] Во время засух активность комаров уменьшается, однако, несмотря на менее активный процесс передачи заболеваний, количество людей, не обладающих иммунитетом, может увеличиться. В долгосрочном плане число случаев заболеваний, вызываемых москитами, таких, как малярия, уменьшается, так как распространенность москитов сокращается, хотя эпидемии могут все еще происходить при возникновении соответствующих климатических условий. [РГII, 8.2.3.1]

В некоторых местах на распространение шистосомоза - паразитарной болезни, передаваемой через воду водяными улитками в качестве промежуточного носителя, оказывают влияние климатические факторы. Например, наблюдавшееся изменение в распространении шистосомоза в Китае за последнее десятилетие может частично отражать современную тенденцию потепления. Также было показано, что ирригационные системы увеличивают заболеваемость шистосомозом при отсутствии соответствующих мер контроля. [РГII, 8.2.8.3]

4.3.2 Наблюдения

Имеется широкий спектр непосредственных причин, которые могут затронуть и видоизменить воздействие изменения климата на состояние здоровья человека. Вследствие сложности взаимосвязи между климатическими факторами и заболеваемостью, часто невозможно объяснить изменения в конкретной клинической картине болезни наблюдающимися изменениями климата. Более того, для таких исследований редко имеются ряды данных медицинских осмотров соответствующего качества и продолжительности. Отсутствуют опубликованные результаты исследований воздействий на здоровье, связанные с водой, описывающие особенности болезни, которые обоснованно приписываются наблюдаемому изменению климата. Тем не менее, имеется несколько докладов об адаптивных мерах реагирования в водном секторе, предназначенных для уменьшения воздействий изменения климата. [РГII, глава 7]

Наблюдавшиеся тренды стихийных бедствий, связанных с водой (паводки, штормовые ветры), и роль изменения климата в данном документе не рассматриваются. [РГII, 1.3]

4.3.3 Проекции

Ожидается, что изменение климата окажет ряд неблагоприятных воздействий на население там, где инфраструктура, связанная с водой и санитарией, является недостаточной для удовлетворения местных нужд. Доступ к безопасной воде остается чрезвычайно важным вопросом здоровья в глобальном плане. Более двух миллиардов людей живут в засушливых регионах мира, и эти люди страдают больше, чем другие, от недоедания, детской смертности и болезней, связанных с загрязненной водой

или ее нехваткой. Скудные запасы воды представляют собой серьезное ограничение для устойчивого развития (Rockstrom, 2003). [РГII, 8.2.5, 8.4.2.2]

4.3.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие

Слабые системы общественного здравоохранения и ограниченный доступ к первичной медицинской помощи приводят как к высоким уровням уязвимости, так и низкой адаптивной способности сотен миллионов людей. [РГII, 8.6] В странах с низким уровнем доходов существуют огромные трудности, в результате которых здоровье населения будет зависеть от улучшения ситуации в секторах здравоохранения, водных ресурсов, сельского хозяйства, энергетики и жилья. Бедность и слабое управление являются наиболее серьезными препятствиями для эффективной адаптации. Несмотря на экономический рост, страны с низким уровнем доходов, *вероятно,* останутся уязвимыми в среднесрочном плане, поскольку они располагают меньшим количеством вариантов адаптации к изменению климата по сравнению со странами с высоким уровнем доходов. Поэтому для того, чтобы стратегии адаптации были действенными, они должны быть разработаны в контексте политики в области развития, охраны окружающей среды и здравоохранения, осуществляемой в целевой области. Многие варианты, которые могут быть использованы для уменьшения уязвимости в будущем, имеют значение при адаптации к современному климату и могут быть также использованы для достижения других экологических и социальных задач. [РГII, 8.6.3]

Потенциальные неблагоприятные воздействия на здоровье любой стратегии адаптации должны быть оценены до реализации этой стратегии. Например, было показано, что программы микроплотин и орошения повышают локальную смертность от малярии. [РГII, 8.6.4] Меры по борьбе с дефицитом воды, такие, как повторное использование неочищенных или частично очищенных сточных вод для орошения, также имеют последствия для здоровья человека. Орошение в настоящее время является важным определяющим фактором распространения таких инфекционных болезней, как малярия и шистосомоз (Sutherst, 2004). Строгие инструкции по качеству воды для орошения сточными водами предназначены для предотвращения опасности патогенных организмов для здоровья и для гарантии качества урожая (Steenvoorden and Endreny, 2004). Некоторые болезни, такие, как гельминтоз, передаются при потреблении зерновых культур, для орошения которых использовалась загрязненная вода или сточные воды, и в сельских и пригородных районах стран с наиболее низким уровнем доходов использование сточных и отработанных вод для орошения, будучи обычной практикой, является источником фекально-оральной передачи болезней. В настоящее время по меньшей мере одна десятая часть населения мира потребляет культуры, орошаемые сточными водами. Однако растущие нехватка воды и потребность в продовольствии вместе с плохой санитарией будут способствовать использованию воды низкого качества. Для решения таких проблем необходимо разработать программы очистки сточных вод и их планового повторного использования. [РГII, 8.6.4, 3.4.4]

4.4 Водоснабжение и санитария

Наблюдавшиеся воздействия изменения климата на количество и качество водных ресурсов подробно обсуждались в разделах 4.2 и 4.3. В этом разделе обобщаются основные вопросы и описываются их последствия для водоснабжения и санитарно-гигиенического обслуживания.

4.4.1 Контекст

Статистика о доступе в настоящее время к безопасной воде уже была представлена в разделе 4.3.1. Доступ к безопасной воде сейчас рассматривается как всеобщее право человека. Однако перед миром возникают все большие проблемы по обеспечению водоснабжения, особенно в развивающихся странах. Для этого имеется несколько причин, которые не обязательно связаны с изменением климата. Отсутствие обеспечения водой, более высокий и неравномерный спрос на воду в результате роста населения в районах его сосредоточения, ускорение урбанизации, более интенсивное водопользование для улучшения общего благосостояния и проблема улучшения управления водными ресурсами являются переменными, которые уже представляют собой чрезвычайно сложную задачу обеспечения удовлетворительного водоснабжения. В этом контексте изменение климата просто представляет собой дополнительную нагрузку для органов коммунального водоснабжения или любой другой организации, обеспечивающей водоснабжение для удовлетворения нужд клиентов. Трудно определить воздействия изменения климата на локальном уровне, но наблюдавшиеся последствия вместе с проекциями обеспечивают полезную основу для подготовки к будущему.

4.4.2 Наблюдения

В табл.4.1 обобщаются возможные связи между изменением климата и услугами по водоснабжению.

4.4.3 Проекции

Уменьшение водообеспеченности может быть вызвано следующими причинами:

a. сокращение стоков в бассейнах, питаемых отступающими ледниками, и более продолжительные и частые сухие сезоны,
b. уменьшение осадков в летний период, ведущее к сокращению воды в водохранилищах, питаемых сезонными реками (du Plessis et al., 2003),
c. межгодовая изменчивость осадков и сезонные сдвиги в русловом стоке,
d. понижение внутриматериковых уровней грунтовых вод,
e. повышение эвапотранспирации в результате более высокой температуры воздуха, удлинения вегетационного периода и увеличения использования воды для орошения,
f. осолонение (Chen et al., 2004).

В соответствии с проекциями, число людей, подверженных риску из-за усиления водного стресса, будет составлять от

***Табл. 4.1**: Наблюдаемые воздействия изменения климата и его наблюдаемые/возможные последствия для водоснабжения. [РГII, глава 3]*

Наблюдаемое воздействие	Наблюдаемые/возможные последствия
Повышение температуры атмосферы	• Уменьшение водообеспеченности в бассейнах, питаемых отступающими ледниками, как это наблюдается в некоторых городах вдоль Анд в Южной Америке (Ames, 1998; Kaserand Osmaston, 2002)
Повышение температуры поверхностных вод	• Уменьшение содержания растворенного кислорода, типов смешивания и способности самоочищения • Усиление цветения воды, вызванного водорослями
Повышение уровня моря	• Осолонение прибрежных водоносных горизонтов
Смещения в характере атмосферных осадков	• Изменения в водообеспеченности из-за изменений осадков и других связанных ними явлений (например, пополнение грунтовых вод, эвапотранспирация)
Усиление межгодовой изменчивости осадков	• Повышение трудности регулирования паводков и использования накопителей во время сезона паводков
Повышение эвапотранспирации	• Уменьшение водообеспеченности • Осолонение водных ресурсов • Более низкие уровни грунтовых вод
Более частые и интенсивные экстремальные явления	• Паводки влияют на качество воды и целостность инфрастуктуры водных ресурсов и усиливают дождевую эрозию, которая привносит различные виды загрязняющих веществ в водные ресурсы. • Засухи затрагивают водообеспеченность и качество воды

0,4 до 1,7 млрд к 2020-м гг., от 1,0 до 2,0 млрд к 2050-м гг. и от 1,1 до 3,2 млрд к 2080-м гг. (Arnell, 2004); этот диапазон является результатом рассмотрения различных сценариев СДСВ.[РГII, 3.2, 3.5.1]

В некоторых районах низкая водообеспеченность приведет к чрезмерной эксплуатации грунтовых вод с повышением затрат на водоснабжение для любого вида использования в результате необходимости выкачивания воды из более глубоких и удаленных горизонтов. Кроме того, чрезмерная эксплуатация грунтовых вод может привести в ряде случаев к ухудшению качества воды. В некоторых регионах Индии, Бангладеш, Китая, Северной Африки, Мексики и Аргентины более 100 млн человек страдают от отравления мышьяком и флюороза (болезни зубов или костей, вызванной чрезмерным потреблением фтора в питьевой воде) (ООН, 2003 г.). Это может привести к еще худшей ситуации, если людям придется использовать больше воды из грунтовых вод из-за отсутствия надежных источников поверхностной воды. [РГII, 3.4.4]

Все больший дефицит воды вместе с ростом потребности в продовольствии и/или водопользовании для орошения в результате более высоких температур, *вероятно,* приведет к увеличению повторного использования воды. Существуют, вероятно, районы с низким уровнем санитарных условий, где практикуется (в качестве новой или более активной деятельности) неконтролируемое повторное использование воды (повторное использование загрязненной воды или даже сточных вод). [РГII, 3.3.2, 8.6.4]

Ухудшение качества воды в результате изменения стока. Там, где ожидается сокращение водных ресурсов, произойдет повышение концентрации загрязняющих веществ из-за уменьшения растворительной способности. [РГII, 3.4.4, 14.4.1] В то же самое время возросшие стоки воды будут смещать и переносить различные соединения из почвы в водные ресурсы в результате речной эрозии. [РГII, 3.4]

Кроме того, ожидается рост показателей заболеваемости и смертности из-за болезней, передаваемых через воду как для сценариев с более влажными, так и более засушливыми условиями вследствие недостаточного снабжения питьевой водой (Kovats et al., 2005; Ebi et al., 2006) и возросшего присутствия патогенных организмов, переносимых потоками высокой воды при выпадении экстремальных осадков. Увеличение осадков может также привести к повышению мутности и концентраций питательных веществ в воде. Служба коммунального водоснабжения Нью-Йорка определила случаи выпадения сильных осадков как одну из основных проблем, связанных с климатом, которая может привести к повышению мутности в некоторых основных городских водохранилищах до уровней, превышающих в 100 раз нормативы качества источников на водозаборах коммунального хозяйства, что потребует значительных затрат на дополнительную очистку и мониторинг (Miller and Yates, 2006). [РГII, 3.5.1]

Увеличение стока. В некоторых регионах обеспечение водой вырастет, что, с учетом нынешней глобальной

ситуации с водными ресурсами, будет, в общем, выгодно. Тем не менее следует предусмотреть использование этого фактора для всеобщей пользы. Например, если в результате изменения климата в восточных и южных районах Азии ожидается увеличение стока, проблемы дефицита воды в этих районах можно не решать, учитывая отсутствие ресурсов для инвестиций в новые емкости накопителей, необходимых для сбора дополнительной воды и возможности ее использования во время сухого сезона. [РГII, 3.5.1]

Более интенсивные осадки в городах могут затронуть работу сточных систем; неконтролируемые пополнения могут привнести микробные и химические загрязняющие вещества в водные ресурсы, с чем трудно справиться, используя обычный процесс очистки питьевой воды. Ряд исследований показал, что передача кишечных патогенов, резистентных к хлорированию, таких как криптоспородия, активно проходит в сезон дождей (Nchito et al., 1998; Kang et al., 2001). Эта ситуация может усугубиться в развивающихся странах, где уровни санитарии ниже, а содержание патогенов в сточных водах выше (Jimenez, 2003). Кроме того, экстремальные осадки, ведущие к наводнениям, подвергают опасности инфраструктуру водных ресурсов. Во время паводков, сооружения для очистки воды и сточных вод часто не функционируют, оставляя население без санитарной защиты. [РГII, 3.2, 3.4.4, 8.2.5]

Ухудшение качества воды в результате более высоких температур. Более теплые температуры вместе с повышенными концентрациями фосфора в озерах и водохранилищах способствуют цветению водорослей, что ухудшает качество воды за счет нежелательного цвета, запаха и вкуса, и возможной токсичности для людей, скота и дикой природы. Использование такой загрязненной воды требует больших затрат с применением имеющейся технологии даже для коммунального снабжения в развитых странах (Environment Canada, 2001). Более высокая температура воды также увеличит перенос летучих и полулетучих загрязняющих веществ (аммиак, ртуть, ПХБ (полихлорбифенилы), диоксины, пестициды) из воды и сточных вод в атмосферу. [РГII, 3.4.4]

Увеличение осолонения. Осолонение запасов воды из прибрежных водоносных горизонтов вследствие повышения уровня моря является важной проблемой в связи с тем, что примерно одна четвертая часть мирового населения проживает в прибрежных регионах, где, как правило, имеется нехватка воды и наблюдается быстрый рост населения (Small and Nicholls, 2003; Оценка экосистем на рубеже тысячелетия, 2005b). Осолонение может также затронуть внутриматериковые водоносные горизонты из-за уменьшения пополнения грунтовых вод (Chen et al., 2004). [РГII 3.2, 3.4.2]

Население, которое будет в наибольшей степени затронуто в результате изменения климата в плане водоснабжения - это население, находящееся в подверженных водному стрессу бассейнах Африки, Средиземноморского региона, Ближнего Востока, южных районах Азии, северных районах Китая, Австралии, США, центральных и северных районах Мексики, северо-восточных районах Бразилии и на западном побережье Южной Америки. Особенно будет подвергнуто риску население, проживающее в мегагородах, сельских районах, которые сильно зависят от грунтовых вод, на небольших островах и в бассейнах, питаемых ледниками или за счет снеготаяния (более одной шестой части мирового населения живет в бассейнах со снеговым питанием). Проблемы приобретут еще большую значимость в районах, где экономика находится в упадке, там, где водный стресс усилится под воздействием социально-экономических факторов (Alcamo and Henrichs, 2002; Ragab and Prudhomme, 2002). [РГII, 3.3.2, 3.5.1]

4.4.4 Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие

С учетом проблем, представленных выше, для сооружений по очистке воды, расположенных в регионах, подверженных риску, большое значение имеет соответствующее планирование. Большинство систем водоснабжения могут хорошо справляться с относительно небольшими изменениями средней температуры и осадков, проекция которых дается на предстоящие десятилетия, за исключением тех случаев, где изменение средних величин требует внесения изменений в проект используемой системы или технологии; например там, где уменьшение осадков создает необходимость дополнительных накопителей (Harman et al., 2005) или ведет к проникновению соленых вод в низовья реки, или потребует новых систем очистки воды для удаления солей. Недавним примером адаптации может служить южный район Африки (Ruosteenoja et al. 2003), где город Бейра в Мозамбике уже удлиняет свою 50-километровую насосную магистраль еще на 5 км вглубь материка для обеспечения надежного снабжения пресной водой. [РГII, 7.4.2.3.1]

Водоснабжение обычно обеспечивается с использованием инженерных систем. Эти системы спроектированы на основе коэффициентов безопасности и имеют предполагаемый срок жизни 20-50 лет (для водохранилищ этот срок может быть даже больше). Обзоры устойчивости водоснабжения и работоспособности инфраструктуры водных ресурсов обычно выполнялись с использованием только наблюдавшихся условий. Следует также рассмотреть возможность использования проекций климата, особенно в тех случаях, когда речь идет о системах защиты от паводков и засух.

Уменьшение водообеспеченности. За исключением нескольких промышленно развитых стран, водопользование увеличивается во всем мире вследствие роста населения и экономики, изменения образа жизни и расширения систем водоснабжения. [РГII, 3.3] Важно осуществлять эффективные программы водопользования в тех регионах, где водообеспеченность, *вероятно,* уменьшится в связи с тем, что обеспечение адекватного снабжения может потребовать крупных инвестиций, либо посредством строительства новых водохранилищ или использования альтернативных источников воды. Сокращение водопользования может замедлить или даже устранить потребность в дополнительной инфраструктуре. Один из наиболее быстрых способов увеличения обеспечения водой – минимизировать потери воды в городских сетях и системах орошения. Другие

альтернативы для уменьшения потребности в новых запасах воды включают сбор дождевой воды, а также регулируемое повторное использование. [РГII, 3.5, 3.6]

Более низкое качество воды, вызванное изменениями стока. Охрана водных ресурсов является важной, экономически эффективной стратегией для решения будущих проблем, касающихся качества воды. Несмотря на то, что для некоторых стран это является обычной практикой, новые и инновационные подходы к управлению качеством воды необходимы по всему миру. Одним из таких подходов является осуществление планов водной безопасности (ПВБ) для выполнения всесторонней оценки и управления в условиях риска от водосбора до потребителя, как было предложено ВОЗ (2005 г.). Также конструкция и работа станций по очистке воды и сточных вод должны периодически анализироваться, особенно в уязвимых районах, для обеспечения или повышения их надежности и способности справляться с неопределенными изменениями стока.

Опреснение. Методы очистки воды являются одним из вариантов решения проблем, связанных с увеличением содержания солей в подверженных риску местах, таких, как крайне урбанизированные прибрежные районы, зависящие от водоносных горизонтов, чувствительных к вторжениям соленых вод. В настоящее время доступные технологии в основном используют мембранные фильтры и являются более дорогостоящими, чем обычные методы по очистке поставляемой пресной воды. Затраты на опреснение морской воды оцениваются примерно в 1 долл. США/м^3, солоноватых вод - 0,60 долл. США/м^3 (Zhou and Tol, 2005), а затраты на хлорирование пресной воды в 0,02 долл. США/м^3. К счастью, стоимость опреснения падает, хотя оно все еще требует больших расходов энергии. Затраты на опреснение следует сравнить с затратами на удлинение трубопроводов и, в конечном счете, на перемещение водоочистных станций для того, чтобы иметь доступ к пресной воде. В качестве приблизительного рабочего правила, затраты на постройку станций водозабора и очистки и насосной магистрали для водоснабжения городского поселения составляют примерно половину стоимости всей системы. [РГII, 7.5] Однако в густонаселенных прибрежных районах Египта, Китая, Бангладеш, Индии и Юго-Восточной Азии затраты на опреснение могут все еще быть чрезмерными. [РГII, 3.5.1] Если использование опреснения в будущем возрастет, необходимо будет решать такие побочные воздействия на экологию, как столкновения с морскими организмами и их захват установками по опреснению морской воды, и безопасное удаление сильно концентрированных солевых растворов, которые также могут содержать и другие химические вещества. [РГII, 3.3.2]

Дополнительные и иные подходы к решению проблемы сточных вод. Для канализационных систем и станций очистки сточных вод потребуются стратегии, направленные на решение проблем стоков, характеризуемых более значительным объемом и большей изменчивостью. Они должны включать такие новые подходы, как использование децентрализованных систем, строительство отдельных канализационных систем, очистка объединенных сливов канализационных систем (т.е., смесь сточных вод и стока в городах) и закачивание дождевых вод в подстилающий грунт. Принимая во внимание высокую стоимость, связанную с увеличением рабочей нагрузки городских станций по очистке сточных вод, необходимо осуществление финансируемых должным образом схем, учитывающих локальные условия. Для сельских районов охват санитарно-профилактическими мероприятиями обычно слишком недостаточный, и необходимо подготовить локальные планы действий, используя недорогие технологии, зависящие от месторасположения и включающие участие местного населения [РГII, 7.4.2.3]

Улучшение управления водными ресурсами. Помимо рассмотрения уже обсуждавшихся мер адаптации следует рассмотреть в качестве действенного инструмента комплексное управление водными ресурсами, включая изменение климата как дополнительной переменной. Уменьшение, увеличение или усиление изменчивости в обеспеченности водой приведет к конфликтам между водопользователями (сельское хозяйство, отрасли промышленности, экосистемы и поселения). Учреждения, определяющие нормы водопотребления, будут играть основную роль в определении общего социального воздействия изменения водообеспеченности, а также в распределении выгод и потерь в разных секторах общества. Общественным институтам необходимо изыскать лучшие способы водораспределения, используя такие принципы, как справедливость и эффективность, что с политической точки зрения, возможно, будет трудно осуществить на практике. Эти параметры должны также учитывать управление международными бассейнами, а также бассейнами поверхностных и грунтовых вод. [РГII, 3.5.1]

Для противодействия дополнительному стрессу, вызванному изменением климата, необходимо участие общественности в планировании использования водных ресурсов, особенно в отношении меняющихся взглядов на ценность воды, значение и роль, которую будет играть повторное использование воды в будущем, и вклад, который общество готово внести в смягчение последствий воздействий, связанных с водой.

Для реализации политики, основанной на принципах комплексного управления водными ресурсами, необходимо стремиться к лучшей координации между различными органами государственной власти, и следует рассмотреть институциональные и правовые рамки для упрощения реализации мер адаптации. Изменение климата отразится на всех заинтересованных сторонах, связанных с процессом управления водными ресурсами, включая пользователей. Поэтому все они должны быть осведомлены о возможных воздействиях на систему с тем, чтобы принять должные решения и быть готовыми оплатить связанные с этим расходы. Например, в случае нормативов удаления сточных вод возможно потребуется рассмотрение общей используемой стратегии, поскольку она основана на способности поверхностной воды к самоочищению, которая будет уменьшаться в результате более высоких температур. [РГII, 3.4.4]

Развитые страны. В развитых странах питьевая вода проходит экстенсивную очистку перед тем, как она доставляется потребителю, и уровень очистки сточных

вод высокий. Такие выгоды, а также должная защита источника воды, должны сохраняться в условиях будущего изменения климата, даже если это повлечет дополнительные затраты, например, за счет включения дополнительных требований к очистке воды. Для небольших общин или сельских районов меры, которые необходимо рассмотреть, могут включать защиту водных источников как экономически более выгодный вариант.

Развивающиеся страны. К сожалению, некоторые страны могут не иметь достаточных экономических ресурсов, чтобы противостоять проблемам, вызванным изменением климата. Бедные страны уже нуждаются в дополнительных ресурсах для решения проблем недостаточной инфраструктуры, и таким образом, они будут больше уязвимы к прогнозируемым воздействиям на количество и качество воды, если только не появятся варианты с низкими затратами и варианты, доступные в финансовом плане.

Поскольку некоторые из уже определенных вариантов адаптации и смягчения последствий просто нежизнеспособны, ожидается, что развивающимся странам, возможно, придется адаптироваться, используя такие неустойчивые методы, как увеличение уже чрезмерной эксплуатации грунтовых год или повторное использование большего объема неочищенных сточных вод. Эти «решения» привлекательны, так как они могут быть легко осуществимы на индивидуальном (личном) уровне. Поэтому, следует разрабатывать недорогие и безопасные варианты, которые необязательно подразумевают обычные решения, особенно, для обеспечения водоснабжения бедных общин, которые не имеют даже формального коммунального водоснабжения во многих случаях. К сожалению, имеется мало исследований по этому вопросу. [РГII, 3.4.3, 8.6.4]

В качестве резюме следует сказать, что изменение климата может оказать положительные и отрицательные воздействия на водоснабжение. Поэтому важно быть в курсе его последствий на локальном уровне и принимать соответствующие планы. В настоящее время только некоторые водопроводные хозяйства в нескольких странах, включая Нидерланды, СК, Канаду и США, приступили к рассмотрению последствий изменения климата в контексте регулирования паводков и управления водоснабжением. [РГII, 3.6]

4.5 Населенные пункты и инфраструктура

Ожидается, что изменения в водообеспеченности, качестве воды, характеристиках атмосферных осадков и вероятности и масштабе наводнений будут играть важную роль в воздействиях изменения климата на поселения человека и инфраструктуру (Shepherd et al., 2002; Klein et al., 2003; London Climate Change Partnership, 2004; Sherbininet al., 2006). Эти воздействия будут меняться в региональном плане. Кроме того, воздействия будут зависеть в значительной мере от геофизических параметров, уровня социально-экономического развития, органов водораспределения, характера локальной экономической базы, характеристик инфраструктуры и других факторов, вызывающих стресс. Они включают загрязнение, деградацию экосистем, просадку грунта (вызванную или исчезновением вечной мерзлоты, природными изостатическими процессами или такой деятельностью человека, как использование грунтовых вод) и прирост населения (Программа ООН по оценке водных ресурсов мира (ПОВРМ), 2003 , 2006 гг.; Faruqui et al., 2001; ПРООН, 2006 г.). В глобальном плане опасность возникновения проблем со снабжением пресной водой из-за изменения климата угрожает прежде всего небольшим островам, засушливым и полузасушливым развивающимся странам, регионам, где снабжение пресной водой осуществляется за счет рек, питаемых таянием ледников или сезонным снеготаянием, и странам с высокой долей прибрежных низменностей и прибрежных мегагородов, особенно в Азиатско-Тихоокеанском регионе (Alcamo and Henrichs, 2002; Ragab and Prudhomme, 2002). [РГII, 6.4.2, 20.3]

Растущая плотность населения в местах повышенной опасности, таких, как прибрежные и приречные районы, *весьма вероятно,* увеличит уязвимость для воздействий изменения климата, связанных с водопользованием, включая ущерб, наносимый паводками и бурями и ухудшением качества воды в результате вторжения соленых вод. [РГII, 6.4.2, 7.4.2.4] Населенные пункты, экономика которых тесно связана с деятельностью, зависящей от водных ресурсов, чувствительных к климату, как-то поливное земледелие, туризм, связанный с водой и снежными лыжами, *вероятно,* будут особенно уязвимыми к воздействию изменения климата на водные ресурсы (Elsasser and Burki, 2002; Hayhoe et al., 2004). [РГII, 7.4.3, 12.4.9]

Инфраструктура, связанная с населенными пунктами, включает здания, транспортные сети, прибрежные объекты, инфраструктуру водообеспечения и очистки воды и объекты энергоснабжения. Воздействия на инфраструктуру включают как непосредственный ущерб, например, в результате паводковых явлений или конструктивной неустойчивости, вызванной дождевой эрозией или изменениями в водном зеркале, так и воздействия на функционирование, стоимость и соответствие объектов, которые не были предназначены для тех климатических условий, которые по прогнозам будут преобладать в будущем. [РГII, 3.4.3, 3.5, 7.4.2.3]

4.5.1 Населенные пункты

Многие населенные пункты в настоящее время не имеют доступа к соответствующему безопасному водоснабжению. По оценкам Всемирной организации здравоохранения 1,1 млрд человек в мире не имеют доступа к безопасной питьевой воде и 2,4 млрд лишены соответствующих санитарных условий (ВОЗ/ЮНИСЕФ, 2000 г.). Бедные городские домохозяйства часто не имеют доступа к водопроводной сети, и таким образом являются особо уязвимыми для повышения стоимости питьевой воды (Хабитат ООН, 2003 г.; ЦНПООН , 2003, 2006 гг.; ПРООН, 2006 г.). Например, по имеющимся сообщениям некоторые домохозяйства в Джакарте, не имеющие постоянного водоснабжения, тратят до 25% своего дохода на воду. Во время жаркого лета 1998 г. в Аммане, Иордания, обитатели лагеря беженцев, который не был

подсоединен к муниципальной системе водоснабжения, платили за воду по гораздо более высоким расценкам, чем другие домохозяйства (Faruqui et al., 2001). *Весьма вероятно,* что воздействия изменения климата на обеспеченность водой и качество воды в источниках все больше будут затруднять решение этих проблем, особенно в областях, где прогнозируется увеличение водного стресса из-за уменьшения стока вместе с ростом населения. [РГII, 3.5.1] Быстро растущие поселения в полузасушливых районах развивающихся стран, особенно бедные общины с ограниченной возможностью адаптации, являются особенно уязвимыми для снижения водообеспеченности и соответствующего повышения затрат на обеспечение надежных источников (Оценка экосистем на рубеже тысячелетия, 2005b). [РГII, 7.4]

Как в развитых, так и в развивающихся странах, ожидаемое продолжение быстрого прироста населения в прибрежных городах увеличит подверженность человека наводнениям и соответствующему ущербу, связанному с ураганами и другими прибрежными штормами. [РГII, 7.4.2.4] Такое развитие способствует гибели дельтовых сильно увлажненных земель, которые могли бы смягчить воздействия штормов. [РГII, 6.4.1.2] Кроме того, большая часть прироста происходит в прибрежных районах с относительно скудными запасами воды, ухудшая, таким образом, дисбаланс между водопотребностью и водообеспеченностью (Small and Nicholls, 2003; Оценка экосистем на рубеже тысячелетия, 2005b).

4.5.2 Инфраструктура

4.5.2.1 Транспортные сети

Затопление, вызванное повышением уровня моря, и рост интенсивности экстремальных явлений погоды (таких как бури и ураганы) представляют угрозу для транспортных сетей в некоторых районах. Это включает локализованное затопление улиц, затопление систем метрополитена и ущерб, связанный с наводнением и оползнями для мостов, шоссейных и железных дорог. Например, прогнозируется, что в Лондоне, который имеет самую старую систему метро в мире, более интенсивные дождевые осадки повысят риск затопления метрополитена и шоссейных дорог. Это вызовет необходимость усовершенствования дренажной системы этих сетей (Arkell and Darch, 2006). Кроме того, по данным последнего исследования наземной транспортной системы Зоны бостонского метро прогнозируется, что с увеличением масштабов наводнений увеличатся опоздания транспорта и отмена поездок, что приведет к сокращению числа рабочих дней, продаж и объема производства (Suarez et al., 2005). Однако эти затраты будут небольшими по сравнению с ущербом, связанным с затоплением транспортной инфраструктуры Бостона (Kirshen et al., 2006). [РГII, 7.4.2.3.3] Примером сегодняшней уязвимости, которая может усугубиться в результате усиления интенсивности осадков, является тот факт, что железная дорога Конкан в Индии ежегодно терпит убытки в размере 1 млн долл. США из-за оползней во время сезона дождей (Shukla et al., 2005). [РГII, 7.4.2.3.3]

4.5.2.2 Антропогенная среда

Затопления, оползни и сильные бури (такие, как ураганы) представляют самую серьезную опасность повреждения зданий как в развитых, так и в развивающихся странах, так как дома и другая собственность во все большей мере размещается в прибрежных районах, на склонах, в оврагах и других местах, подверженных опасности (Bigio, 2003; Хабитат ООН, 2003 г.). Неофициальные населенные пункты в пределах городских районов в развивающихся странах являются особенно уязвимыми в связи с тенденцией их строительства на относительно опасных участках, которые подвержены паводкам, оползням и другим стихийным бедствиям, связанным с климатом (Cross, 2001; Хабитат ООН , 2003 г.). [РГII, 7.4.2.4]

Другие воздействия на здания включают потенциальную возможность ускоренного выветривания вследствие увеличения интенсивности осадков и частоты бурь (например, Graves and Phillipson, 2000), и роста повреждения конструкций из-за уменьшения водного зеркала и просадки грунта (например, Sanders and Phillipson, 2003), или из-за воздействий повышения уровня водного зеркала (Kharkina, 2004). [РГII, 3.5]

Другой областью, вызывающей озабоченность, является работа систем отвода ливневых вод. В регионах, затрагиваемых все более интенсивными штормами, потребуется увеличение пропускной способности этих систем для предотвращения локального затопления и, как результат, причинения ущерба зданиям и другим элементам инфраструктуры (UK Water Industry Research, 2004). [РГII, 7.6.4]

4.5.2.3 Прибрежная инфраструктура

Инфраструктура в низменных прибрежных районах уязвима для ущерба, вызываемого повышением уровня моря, наводнениями, ураганами и другими штормами. Число объектов прибрежной инфраструктуры, которым угрожает опасность, быстро растет в результате продолжающегося роста прибрежных городов и расширения туризма в таких регионах, как Карибский (например, Hareau et al., 1999; Lewsey et al., 2004; Kumar, 2006). В некоторых районах, были выполнены оценки ущерба в результате повышения уровня моря, и они часто являются значительными. Например, в Польше оцениваемая стоимость ущерба от возможного повышения уровня моря на 1 м к 2100 г. составляет 30 млрд долл. США из-за воздействий на городские районы, канализационные системы, порты и другую инфраструктуру (Zeidler, 1997). В том же исследовании была приведена оценка, согласно которой прогнозируемое повышение уровня моря на 1 м во Вьетнаме подвергнет угрозе наводнения 17 млн человек и вызовет ущерб в размере 17 млрд долл. США, при этом значительные воздействия распространятся на внутренние районы за пределами прибрежной зоны. [РГII, 6.3, 6.4, 6.5]

4.5.2.4 Энергетическая инфраструктура

Гидрологические изменения непосредственно затронут потенциальную выходную мощность гидроэнергетических объектов – как уже существующих, так и возможных будущих проектов. Имеются большие региональные различия в степени развития гидроэнергетики. В Африке, где развивается лишь небольшая часть потенциала гидроэнергетики континента, моделирование изменения климата для проекта гидроэнергетического узла в ущелье Батока на реке Замбези показало значительное уменьшение стоков реки (например, снижение среднемесячного стока с $3{,}21 \times 10^9$ м^3 до $2{,}07 \times 10^9$ м^3) и спад производства энергии

(например, уменьшение среднемесячного производства с 780 ГВт-ч до 613 ГВт-ч) (Harrison and Whittington, 2002). Сокращение выработки гидроэлектроэнергии также предвидится в других районах, там, где стоки рек по прогнозам понизятся (например, Whittington and Gundry, 1998; Magadza, 2000). В некоторых других районах, прогнозируется рост выработки гидроэлектроэнергии. Например, оценки для 2070-х гг., в соответствии со сценарием выбросов IS92a, показывают, что потенциал производства электричества гидроэлектростанций, существовавший в конце XX века, вырастет на 15-30% в Скандинавии и северных районах России, где от 19% (Финляндия) почти до 100% (Норвегия) электричества вырабатывается за счет гидроэнергии (Lehner et al., 2005). [РГII, 3.5] Другая энергетическая инфраструктура, такая, как линии электропередачи, буровые вышки и трубопроводы на шельфе, может быть уязвимой для повреждений в результате затопления и более интенсивных штормовых воздействий. [РГII, 7.5] Кроме того, проблемы с обеспечением воды для охлаждения (из-за уменьшения количества или более высокой температуры воды) могут нарушить энергоснабжение, оказывая неблагоприятное воздействие на тепловые и атомные электростанции (EAOC, 2005 г.).

4.5.3 Адаптация

Воздействия изменений в частоте паводков или засух или в количестве, качестве или сезонных сроках обеспеченности водой могут сдерживаться соответствующими инвестициями в инфраструктуру и изменениями в управлении водными ресурсами и землепользованием. Координированное планирование может быть полезным, так как имеется много моментов взаимодействия воздействий на разные инфраструктуры. Например, сбой в системе противопаводковой защиты может прервать энергоснабжение, что в свою очередь выведет из строя насосные станции водоснабжения и водоочистки.

Включение фактора изменчивости современного климата в структуру управления, связанную с водными ресурсами, облегчит адаптацию к будущему изменению климата (*очень высокая степень достоверности).* [РГII, 3.6] Например, управление существующими рисками наводнений посредством сохранения покрытых зеленью районов и естественных буферных зон вокруг водотоков на территории городов также будет содействовать уменьшению отрицательных воздействий будущего более сильного ливневого стока. Тем не менее, любые из этих мер реагирования повлекут затраты не только в денежном выражении, но также и с точки зрения воздействий на общество, включая необходимость урегулирования потенциальных конфликтов между группами с различными интересами. [РГII, 3.5]

4.6 Экономика: страхование, туризм, промышленность, транспорт

4.6.1 Контекст

Климат и водные ресурсы влияют на ряд секторов экономики, имеющих значение второго и третьего порядка, такие, как страхование, промышленность, туризм и транспорт. Воздействия изменения климата, связанные с водой, в этих секторах, могут быть как положительными, так и отрицательными, но экстремальные климатические явления и другие резкие изменения имеют тенденцию оказывать более суровое воздействие на системы человека, чем постепенное изменение, частично из-за того, что они дают меньше времени на адаптацию. [РГII, 7.1.3]

Глобальные потери порождают быстрорастущие затраты, вызываемые экстремальными явлениями погоды, начиная с 1970-х гг. В результате одного из исследований было выявлено, что, наряду с тем, что доминантным сигналом по-прежнему является значительный рост показателей подверженности риску, после нормализации потерь, определяемых подверженностью риску, лежащий в ее основе тренд повышения рисков все еще сохраняется. Для конкретных регионов и опасностей, включая наиболее экстремальные паводки на некоторых крупных реках, имеются данные, свидетельствующие о большей возможности реализации риска. [РГII, 1.3.8.5]

Свидетельством значительного воздействия изменчивости климата на убытки при страховании является тот факт, что следствием затопления являются 10% убытков страхования, связанного с погодой в глобальном масштабе. Засуха также оказывает воздействие: данные СК показывают проявляющуюся с задержкой связь между затратами на выплаты по страховым претензиям, касающимся просадки грунта и (низким) количеством осадков в летний период. Однако в развивающихся странах, потери, вызванные экстремальными явлениями, измеряются больше в плане человеческой жизни, чем с точки зрения страхования. Например, засуха в Сахели, несмотря на высокую степень суровости, оказала лишь небольшое воздействие на официальный финансовый сектор слабой системы страхования. [РГII, ТДО, 8.2.3]

4.6.2 Социально-экономические затраты, смягчение последствий, адаптация, уязвимость, устойчивое развитие

Из всех возможных воздействий на работу транспорта, связанных с водными ресурсами, наибольшие затраты вызываются наводнением. Стоимость задержек и отмененных поездок относительно небольшая по сравнению с ущербом, наносимым инфраструктуре и другому имуществу (Kirshen et al., 2006). За последние десять лет было четыре случая, когда затопление городских подземных железнодорожных систем вызвало ущерб более чем 10 млн евро (13 млн долл. США) и многочисленные случаи меньшего ущерба (Compton et al., 2002). [РГII, 7.4.2.3.3]

Промышленные сектора в целом считаются менее уязвимыми для воздействий изменения климата, чем такие сектора, как сельское хозяйство. Среди главных исключений - промышленные объекты, расположенные в районах, чувствительных к климату (такие, как поймы) (Ruth et al., 2004), и такие объекты, зависимые от предметов потребления, чувствительных к климату, как предприятия пищевой промышленности. [РГII, 7.4.2.1]

Конкретное покрытие страховочных рисков, имеющееся в настоящее время в стране, будет определяться воздействием катастроф, имевших место в прошлом. Вследствие высокой концентрации убытков в результате катастрофических паводков, страхование от паводков в частном секторе, как правило, имеет ограниченный характер (или даже недоступно), и поэтому в некоторых странах правительства разработали альтернативные схемы страхования от паводков, субсидируемые государством (Swiss Re, 1998). [РГII, 7.4.2.2.4]

В финансовом секторе все чаще рассматриваются риски, связанные с изменением климата, применительно к конкретным «чувствительным» секторам, таким, как проукты гидроэлектростанций, орошение и сельское хозяйство, и туризм (UNEP/GRID-Arendal, 2002). [РГII, 7.4.2.2]

Воздействия изменения климата на туризм включают изменения в наличии воды, которые могут быть положительными или отрицательными (Braun et al., 1999; Uyarra et al., 2005). Более теплый климат открывает возможность расширения экзотической окружающей среды (такой, как пальмовые деревья в Западной Европе), что может считаться некоторыми туристами положительным, но может привести к пространственному расширению и усилению болезней, передающихся через воду, и трансмиссивных болезней. Засухи и расширение засушливой окружающей среды (как и эффекты экстремальных явлений погоды) могут отпугнуть туристов, хотя не совсем ясно, что они считают неприемлемым. [РГII, 7.4.2.2.3] Районы, зависимые от наличия снега (например, для зимнего туризма), больше всех уязвимы для глобального потепления. [РГII, 11.4.9, 12.4.9, 14.4.7]

Перевозки навалочных грузов по внутренним водным путям, таким как Рейн, могут быть нарушены во время наводнений и засух (Parry, 2000). [РГII, 7.4.2.2.2]

Страхование выполняет разброс риска и оказывает содействие в адаптации, в то время как управление страховыми средствами обеспечивает условия для смягчения последствий. [РГII, 18.5] Затраты на адаптацию и выгоды оцениваются более ограниченным образом для инфраструктуры перевозок (например, Dore and Burton, 2001). [РГII, 17.2.3]

5

Анализ региональных аспектов изменения климата и водных ресурсов

5.1 Африка

5.1.1 Контекст

Вода является одной из нескольких насущных проблем, стоящих перед Африкой в настоящем и будущем. Водоснабжение за счет рек, озер и дождевых осадков характеризуется своим неравномерным природным географическим распределением и доступностью и неустойчивым водопользованием. Изменение климата чревато дополнительными нагрузками для водообеспеченности и доступности водных ресурсов. Арнелл (Arnell (2004)) описал последствия сценариев СДСВ МГЭИК для проекции речного стока на 2050 г., используя климатическую модель HadCM3[20]. Эти эксперименты указывают на значительное уменьшение стока на севере и юге Африки, тогда как сток в восточной части Африки и некоторых частях полузасушливыго африканского региона к югу от Сахары прогнозируется его увеличение. Однако многомодельные результаты (рис. 2.8 и 2.9) показывают значительный разброс результатов разных моделей, при этом они прогнозируют уменьшение стока в северной части Африки и его увеличение в ее восточной части, что является вполне обоснованной реакцией. Проекции осадков в африканских странах к югу от Сахары характеризуются значительным разбросом, при этом некоторые модели прогнозируют увеличение, а другие модели - уменьшение. Проецируемые воздействия следует рассматривать в контексте этой значительной неопределенности. [РГI, 11.2, табл. 11.1; РГII, 9.4.1]

В соответствии с проекцией, водообеспеченность в девяти странах[21], в основном в восточной и южной частях Африки, к 2025 г. будет менее 1 000 м^3/чел/г. Двенадцать стран [22] будут ограничены до 1 000 - 1700 м^3/чел/г, а население с риском дефицита воды может насчитывать до 460 млн. человек, главным образом в западной части Африки (UNEP/GRID-Arendal, 2002 г.)[23]. Эти оценки основаны только на темпах прироста населения без учета колебаний водных ресурсов, связанных с изменением климата. Кроме того, одна из оценок показывает, что доля африканского населения с риском водного стресса и нехватки воды увеличится с 47% в 2000 г. до 65% в 2025 г. (Ashton, 2002). Это может привести к конфликтам из-за воды, особенно в засушливых и полузасушливых регионах. [РГII, 9.2, 9.4]

Конкретным примером является юго-западный район Капской провинции, Южная Африка, где одно исследование показывает сокращение возможности водоснабжения по мере уменьшения осадков или увеличения потенциального испарения. Прогнозируется уменьшение водоснабжения на 0,32%/г к 2020 г., в то время как изменение климата, связанное с глобальным потеплением, в соответствии с проекцией увеличит потребность в воде на 0,6%/г в городском районе Кейптауна (New, 2002).

В отношении бассейна Нила Конуэй (Conway (2005) пришел к выводу о том, что нет четких свидетельств того, каким образом изменение климата затронет сток Нила, из-за неопределенности в проекциях режима осадков в бассейне и влияния комплексных водохозяйственных мероприятий и структур управления водными ресурсами. [РГII, 9.4.2]

Реагирование на сдвиги режима осадков уже наблюдается во многих наземных водных источниках, которые можно рассматривать как возможные индикаторы будущего водного стресса, связанного с изменчивостью климата. В восточных частях континента наблюдались межгодовые колебания уровней озер с низкими величинами в период 1993-1997 гг. и более высокими уровнями (например, озера Танганьика, Виктория и Туркана) в 1997-1998 гг. Последнее связано с избытком выпавших осадков в конце 1997 г., который сопровождался крупномасштабными возмущениями в Индийском океане (Mercier et al., 2002). Более высокие температуры также наблюдались в озерах как реакция на более теплые условия (см. рис. 5.1). [РГII, 9.2.1.1, 1.3.2.3]

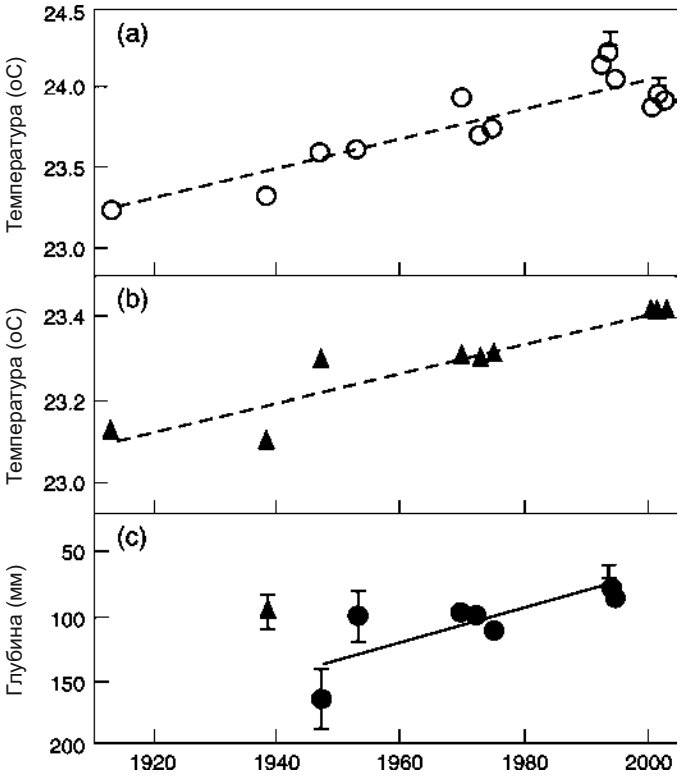


Рис. 5.1: *Исторические и недавние измерения на озере Танганьика, Восточная Африка: (a) температуры (поверхностных вод) верхнего перемешанного слоя; (b) температура глубинных вод (600 м); (c) глубина верхнего перемешанного слоя. Треугольники представляют данные, собранные с использованием разных методов. Линии ошибок обозначают стандартные отклонения. Воспроизводится с разрешения Macmillan Publishers Ltd. [Nature] (O'Reilly et al, © 2003. [РГII, рис. 1.2]*

[20] См. описания моделей в приложении I.
[21] Джибути, Кабо-Верде, Кения, Бурунди, Руанда, Малави, Сомали, Египет и Южная Африка.
[22] Маврикий, Лесото, Эфиопия, Зимбабве, Танзания, Буркина-Фасо, Мозамбик, Китай, Того, Нигерия, Уганда и Мадагаскар.
[23] Только пять стран в Африке имеют в настоящее время (данные 1990 г.) доступ к воде в объеме менее 1 000 м^3/чел/г. Это Руанда, Бурунди, Кения, Кабо-Верде и Джибути.

5.1.2 Текущие наблюдения

5.1.2.1 Изменчивость климата

Сахельский регион Западной Африки характеризуется явно выраженной мультидекадной изменчивостью в количестве осадков (например, Dai et al., 2004a), связанной с изменениями в циркуляции атмосферы и соответствующими изменениями в характере распределения температуры поверхности тропического моря в бассейнах Тихого, Индийского и Атлантического океанов (например, ЭНСО и АМК). Очень сухие условия наблюдались в 1970-х – 1990-х гг. после более влажного периода 1950-х и 1960-х гг. Дефицит осадков был в основном связан с сокращением числа явлений значительных осадков, выпадавших во время пика муссонного сезона (июль - сентябрь) и во время первого сезона дождей к югу от приблизительно 9° с. ш. Уменьшение количества осадков и опустошающие засухи в районе Сахели за последние три десятилетия XX века (рис. 5.2) входят в число самых крупных изменений климата, произошедших где-либо. Осадки в Сахели достигли минимума после явления Эль-Ниньо в 1982/83 г. [РГI, 3.7.4] Исследования с использованием моделирования показывают, что на осадки Сахели скорее оказали влияние крупномасштабные колебания климата (возможно, связанные с изменениями в антропогенных аэрозолях), а не локальное изменение в землепользовании. [РГI, 9.5.4]

5.1.2.2 Водные ресурсы

Примерно 25% современного африканского населения испытывает водный стресс, тогда как 69% живет в условиях относительного изобилия воды (Vörösmarty et al., 2005). Однако это относительное изобилие не принимает во внимание другие факторы, а именно, в какой степени эта вода является питьевой и доступной, и наличие санитарии. Несмотря на значительные улучшения в доступе в 1990-х гг., только около 62% африканцев имели доступ к улучшенному водоснабжению водой в 2000 г. (ВОЗ/ЮНИСЕФ, 2000 г.). [РГII, 9.2.1]

Одна треть населения в Африке живет в районах, подверженных засухам, и является уязвимой для их воздействий (Всемирный форум по водным ресурсам, 2000 г.), что способствовало миграции, культурному разделению, перемещению населения и разрушению древних культур. Засухи затронули преимущественно Сахель, Африканский Рог и Южную Африку, особенно с конца 1960-х гг., с серьезными последствиями для продовольственной безопасности и, в конечном счете, наступлением голода. В Западной Африке, снижение годовой суммы осадков наблюдалось с конца 1960-х гг. с уменьшением на 20-40% в период 1968-1990 гг. по сравнению с 30-летним периодом между 1931 и 1960 гг. (Nicholson et al., 2000; Chappell and Agnew, 2004; Dai et al., 2004a). Влияние десятилетних колебаний ЭНСО также было обнаружено в Юго-Западной Африке и частично на него воздействовало Североатлантическое колебание (САК) (Nicholson and Selato, 2000). [РГII, 9.2.1]

5.1.2.3 Энергия

Электроснабжение в большинстве африканских государств обеспечивается за счет гидроэлектростанций. Исследований, в которых изучаются воздействия изменения климата на использование энергии в Африке, мало (Warren et al., 2006). [РГII 9.4.2] Тем не менее, континент характеризуется высокой зависимостью от топливной древесины, как основного источника энергии в сельских районах, представляющих около 70% общего потребления энергии на континенте. Любое воздействие изменения климата на производство биомассы окажет в свою очередь воздействие на обеспечение энергии за счет

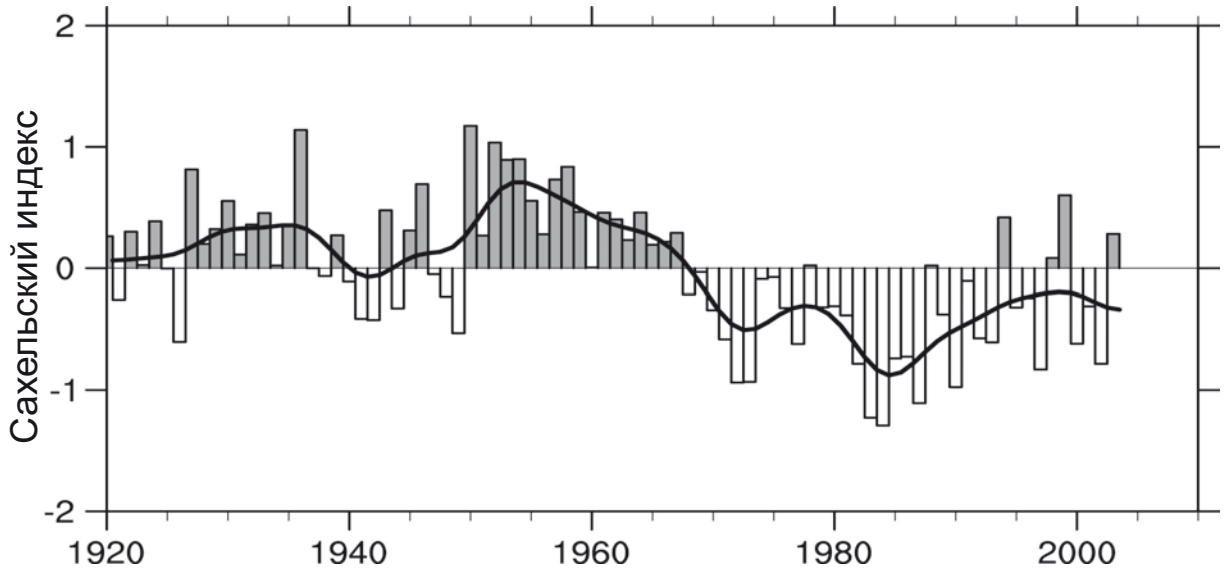


Рис. 5.2: *Временной ряд региональных осадков (апрель-октябрь) Сахели (10° с. ш.-20° с. ш., 18° з. д.-20° в. д.) с 1920 г. по 2003 г., полученный путем интерполяции нормализованных аномалий станции в узлы сетки с последующим использованием площадного взвешивания (воспроизводится из: Dai et al., 2004a). Положительные значения (заштрихованные столбики) означают более влажные условия по сравнению с долгосрочным средним значением, а отрицательные значения (пустые столбики) обозначают более сухие условия по сравнению с долгосрочным средним значением. Плавная черная кривая показывает десятилетние колебания. [РГI, рис. 3.37]*

топливной древесины. Доступ к энергии существенно ограничен в африканских странах к югу от Сахары, где, по оценкам, 51% городского населения и только 8% сельского населения имеют доступ к электричеству. Это можно сравнить с 99% городского и 80% сельского населения, имеющего доступ к электроснабжению в Северной Африке. Дальнейшие проблемы в результате урбанизации, растущие потребности в энергии и изменчивость цен на нефть еще более осложняют вопросы энергии в Африке. [РГII, 9.2.2.8]

5.1.2.4 Здоровье

Малярия

Климат влияет на пространственное распределение, скорость передачи и сезонность малярии в африканских странах к югу от Сахары; социально-экономическое развитие оказывает лишь ограниченное воздействие на уменьшение масштабов распространения этого заболевания (Hay et al., 2002a; Craig et al., 2004). [РГII, 8.2.8.2]

Количество осадков может быть ограничивающим фактором для популяций москитов, и имеются некоторые данные об уменьшении числа случаев передачи в результате уменьшения осадков, происходящего с десятилетними интервалами. Данные о предсказуемости необычайно высоких или низких аномалий малярии, полученные на основе как данных о температуре поверхности моря (Thomson et al., 2005б), так и сезонных климатических прогнозов по многомодельным ансамблям в Ботсване (Thomson et al., 2006), способствуют практическому и регулярному использованию сезонных прогнозов для борьбы с малярией в южных районах Африки (DaSilva et al., 2004). [РГII, 8.2.8.2]

Воздействия наблюдаемого изменения климата на географическое распределение малярии и интенсивность ее передачи в горных районах остаются противоречивыми. Анализы данных временного ряда на некоторых участках в Восточной Африке показывают, что число случаев малярии возросло при очевидном отсутствии климатических трендов (Hay et al.. 2002a, b; Shanks et al., 2002). Предполагаемые главные причины новых вспышек малярии включают устойчивость к лекарственным препаратам малярийных паразитов и ослабление борьбы с ее переносчиками. Тем не менее, обоснованность этого вывода оспаривается, так как она могла быть, вероятно, результатом несоответствующего использования климатических данных (Patz, 2002). Анализ обновленных данных по температуре для этих регионов обнаружил значительный тренд потепления с конца 1970-х гг., при этом величина изменения затронула потенциальную возможность передачи этой болезни (Pascual et al., 2006). В южных районах Африки долгосрочные тренды для малярии не были существенно связаны с климатом, хотя сезонные изменения в количестве случаев имели существенную связь с некоторыми климатическими переменными (Craig et al., 2004). Резистентность к лекарственным препаратам и ВИЧ-инфекция были связаны с долгосрочными трендами малярии в том же районе (Craig et al., 2004). [РГII, 8.2.8.2]

В ряде дальнейших исследований сообщалось о связи межгодовой изменчивости температуры с передачей малярии в горной местности в Африке. Анализ временного ряда данных о малярии с исключенным трендом на Мадагаскаре показал, что минимальная температура в начале сезона передачи, соответствующая тем месяцам, когда контакт человека с переносчиками наибольший, объясняет большую часть межгодовой изменчивости (Bouma, 2003). В горных районах Кении приходы малярии связывались с осадками и необычно высокими максимальными температурами во время предшествующих 3-4 месяцев (Githeko and Ndegwa, 2001). Анализ данных о заболеваемости малярией за период с конца 1980-х гг. до начала 1990-х гг. из 50 мест в Эфиопии обнаружил, что эпидемии были связаны с высокими минимальными температурами в предшествующие месяцы (Abeku et al., 2003). Анализ данных из семи горных участков в Восточной Африке показал, что краткосрочная изменчивость климата играет более важную роль по сравнению с долгосрочными трендами в провоцировании эпидемий малярии (Zhou et al., 2004, 2005), хотя метод, использованный для проверки этой гипотезы, был поставлен под сомнение (Hay et al., 2005). [РГII, 8.2.8.2]

Другие болезни, передаваемые через воду

Несмотря на то, что такие инфекционные болезни, как холера, искореняются в других районах мира, они вновь возникают в Африке. Детская смертность от диареи в странах с низкими доходами, особенно в африканских странах к югу от Сахары, остается высокой, несмотря на улучшения в медицинском уходе и использование оральной регидратационной терапии (Kosek et al., 2003). Дети могут выжить при остром заболевании, но могут позднее умереть вследствие продолжающейся диареи или недостаточного питания. Некоторые исследования показали, что перенос кишечных патогенных организмов выше в сезон дождей (Nchito et al., 1998; Kangetal., 2001). [РГII, 8.2.5, 9.2.2.6]

5.1.2.5 Сельскохозяйственный сектор

Сельскохозяйственный сектор является жизненно важным местным источником существования и национального ВВП в некоторых странах Африки. Доля сельского хозяйства в ВВП отличаются в зависимости от страны, но оценки позволяют предположить ее средний размер в 21% (меняющийся от 10% до 70%) (Mendelsohn et al., 2000b). Даже если доля сельского хозяйства в ВВП небольшая, этот сектор может еще поддерживать источник существования очень больших групп населения, так что любое сокращение продукции окажет воздействие на нищету и продовольственную безопасность. Этот сектор особенно чувствителен к климату, включая периоды изменчивости климата. Во многих частях Африки фермеры и скотоводы также вынуждены бороться с другими экстремальными проблемами природных ресурсов и такими ограничениями, как плохая плодородность почвы, сельскохозяйственные вредители, болезни сельскохозяйственных культур и отсутствие доступа к внешней помощи и улучшенным семенам. Такие проблемы обычно усугубляются периодами продолжительных засух и наводнений (Mendelsohn et al., 2000a, b; Stige et al., 2006). [РГII, 9.2.1.3]

5.1.2.6 Экосистемы и биоразнообразие

Экосистемы и их биоразнообразие вносят значительный вклад в благосостояние человека в Африке. [РГII, глава 9] Богатое биоразнообразие в Африке, которое, в основном, выходит за

Вставка 5.1: Изменения окружающей среды на горе Килиманджаро. [Воспроизводится из: РГII, вставка 9.1]

Имеются свидетельства, что изменение климата видоизменяет природные горные экосистемы на горе Килиманджаро. Например, в результате сухих климатических условий рост частоты и интенсивности пожаров на склонах горы Килиманджаро привел к снижению верхней границы лесов на несколько сотен метров в течение XX века (рис. 5.3, табл. 5.1). В результате этого уменьшение облачного покрова леса на 150 км² с 1976 г. оказало большое воздействие на захват тумана, а также на временное сохранение дождевых осадков и, таким образом, на водный баланс горы (Hemp, 2005).

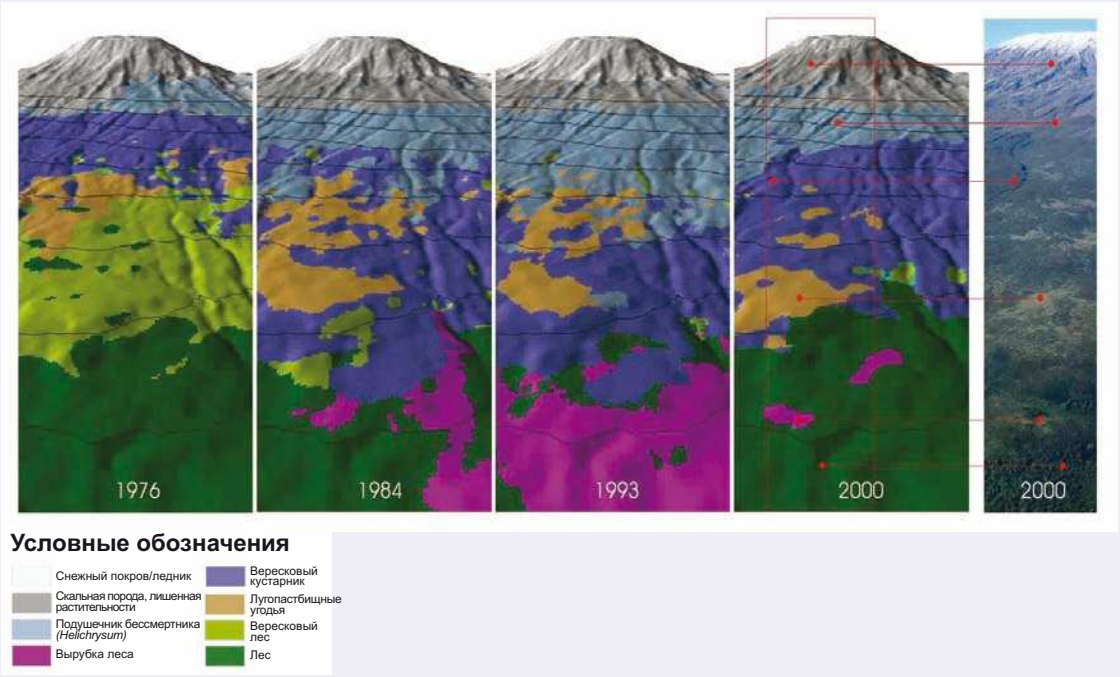


Рис. 5.3: *Изменения в покрове суши, вызванные комплексными взаимодействиями землепользования и климата на Килиманджаро (Hemp, 2005). Воспроизводится с разрешения Blackwell Publishing Ltd.*

Табл. 5.1: *Изменения в покрове суши в верхних районах Килиманджаро (Hemp, 2005).*

Тип растительности	Площадь в 1976 г. (км²)	Площадь в 2000 г. (км²)	Изменение (%)
Горный лес	1066	974	-9
Субальпийский вересковый лес	187	32	-83
Вересковый кустарник	202	257	+27
Подушечник бессмертника Helichrysum	69	218	+216
Лугопастбищные угодья	90	44	-51

пределы официально сохраняемых районов, находится под угрозой из-за изменчивости и изменения климата и других стрессов (например, вставка 5.1). Социально-экономическое развитие Африки тормозится в результате изменения климата, сокращения среды обитания, чрезмерного использования отдельных видов, распространения чуждых видов и такой деятельности, как охота и обезлесение, которые угрожают нарушить целостность богатых, но хрупких экосистем континента (UNEP/GRID-Arendal, 2002). Например, примерно половине субгумидных и полузасушливых частей южного региона Африки грозит умеренная или высокая опасность опустынивания. В Западной Африке длительное уменьшение осадков с 1970-х по 1990-х гг. вызвало смещение на 25-35 км к югу экологических зон в Сахели, Судане и Гвинее во второй половине XX века (Gonzalez, 2001). Это привело к потере лугопастбищных угодий и акации, сокращению флоры/фауны и смещению песчаных дюн в Сахели; таковы последствия, которые уже наблюдаются (ECF and Potsdam Institute, 2004). [РГII, 9.2.1.4]

5.1.3 Проекции изменений

5.1.3.1 Водные ресурсы

Ожидается, что увеличившееся население в Африке будет испытывать водный стресс до 2025 г., т.е. менее

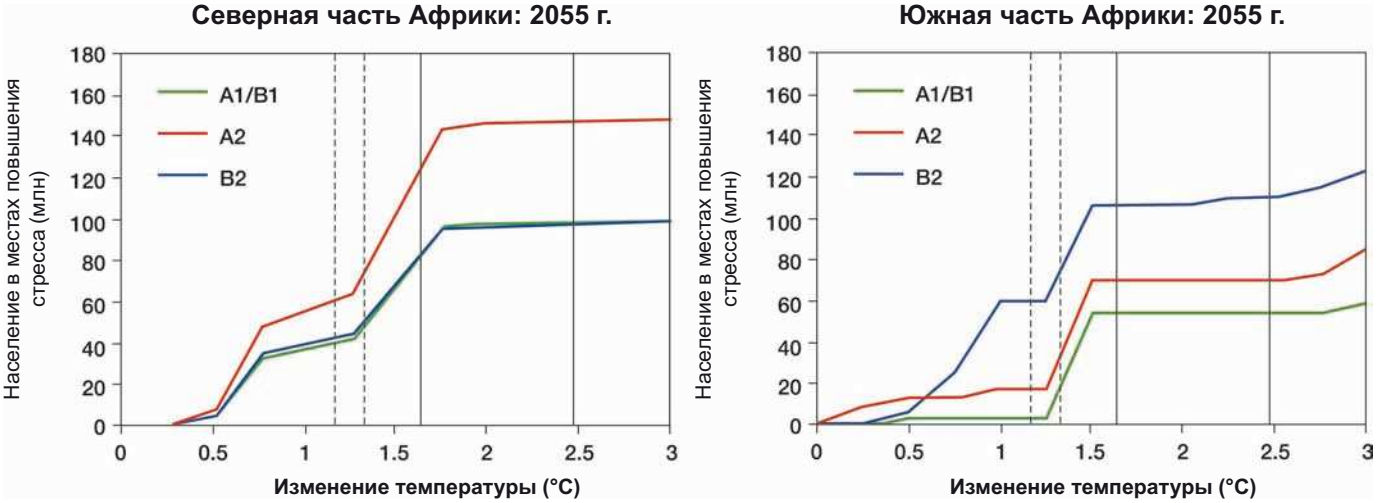


Рис. 5.4: *Количество людей (миллионы), живущих на водоразделах, подверженных повышению водного стресса по сравнению с 1961-1990 гг. (Arnell, 2006б). Водоразделы с водным стрессом имеют сток менее 1 000 м³/на душу населения/г, и население подвержено увеличению водного стресса при значительном уменьшении стока в результате изменения климата. Сценарии получены по результатам модели HadCM3, и красные, зеленые и голубые линии относятся к разным проекциям населения; отмечается, что прогнозируемые гидрологические изменения значительно отличаются в разных моделях климата в некоторых регионах. Шаги в функции показывают увеличение количества водоразделов, испытывающих значительное уменьшение стока. [РГ II, рис. 9.3]*

чем через два десятилетия со времени публикации этого доклада, в основном вследствие повышения спроса на воду. [РГII, 9.4.1] Предполагается, что изменение климата усугубит эти условия. В некоторых оценках население, которому угрожает опасность повышения водного стресса в Африке, для всего набора сценариев СДСВ, составит, по проекции, 75-250 млн и 350-600 млн человек, соответственно к 2020-м и 2050-м гг. (Arnell, 2004). Однако, воздействие изменения климата на водные ресурсы по всему континенту неоднородно. Анализ данных шести климатических моделей (Arnell, 2004) показывает *вероятное* увеличение количества людей, которое может испытывать водный стресс к 2055 г. в северных и южных районах Африки (рис. 5.4). Наоборот, больше людей в восточных и западных районах Африки будут, *вероятно*, испытывать уменьшение, а не увеличение водного стресса (Arnell, 2006a). [РГII 3.2, рис. 3.2, рис. 3.4, 9.4.1, рис. 9.3]

Грунтовые воды в большинстве случаев являются основным источником питьевой воды в Африке, особенно в сельских районах, которые зависят от дешевых выкопанных колодцев и скважин. По прогнозам, их пополнение уменьшится с уменьшением осадков и стока, что приведет к повышению водного стресса в тех районах, где грунтовые воды дополнительно удовлетворяют потребности в воде сельского хозяйства и домашних хозяйств. [РГII, 3.4.2, рис. 3.5]

Исследование воздействий повышения температуры на 1°C на одном водоразделе в регионе Магриба проецирует дефицит стока примерно в 10% (Agoumi, 2003), при этом предполагается, что уровни осадков останутся постоянными. [РГII, 9.4.1, 3.2, 3.4.2]

5.1.3.2 Энергия

Несмотря на то, что для Африки проводилось мало исследований в области энергии, исследование производства гидроэлектроэнергии, выполнение в бассейне Замбези, показывает вместе с проекциями будущего стока, что изменение климата отрицательно скажется на выработке гидроэлектроэнергии, в частности в бассейнах рек, расположенных в субгумидных регионах (Riebsame et al., 1995; Salewicz, 1995). [РГ II, ТДО, 10.2.11, табл. 10.1]

5.1.3.3 Здоровье

Во многих исследованиях вопросы здоровья на континенте связываются с изменением климата. Например, результаты проекта по картированию риска малярии в Африке (MARA/ARMA) показывают изменения в распределении районов, пригодных для малярии к 2020 г., 2050 г. и 2080 г. (Thomas et al., 2004). Показано, что к 2050 г., и до 2080 г. значительная часть западного района Сахели и большая часть южных районов центральной Африки, *вероятно*, станут непригодными для передачи малярии. Другие оценки (например, Hartmann et al., 2002), используя 16 сценариев изменения климата, показывают, что к 2100 г. изменения в температуре и осадках могут изменить географическое распределение малярии в Зимбабве, при этом ранее непригодные районы с большой плотностью населения станут районами, пригодными для ее передачи. [РГII, 9.4.3]

Было предпринято относительно небольшое число оценок возможных будущих изменений в здоровье животных в результате изменчивости и изменения климата. Можно ожидать изменений в распределении болезней, ареале, заболеваемости, процентном содержании и сезонности. Однако, имеется небольшая уверенность относительно степени

изменения. Эпидемия лихорадки долины Рифт, очевидная в период явления Эль-Ниньо в 1997/98 г. в Восточной Африке и связываемая с наводнением, может усилиться в районах, подверженных повышению числа наводнений (раздел 3.2.1.2). Прогнозируется рост числа чрезвычайно дождливых сезонов в Восточной Африке. Наконец, тепловой стресс и засуха, *вероятно*, будут оказывать дальнейшее отрицательное воздействие на здоровье животных и производство молочной продукции (это уже наблюдается в США; см. Warren et al., 2006). [РГI, табл. 11.1, 11.2.3; РГII, 9.4.3, 5.4.3.1]

5.1.3.4 Сельское хозяйство

Были изучены воздействия изменения климата на вегетационные периоды и сельскохозяйственные системы, и возможные последствия для средств существования (например, Thornton et al., 2006). Последнее исследование, основанное на трех сценариях, показывает, что чистый доход от зерновых культур, *вероятно*, упадет почти на 90% к 2100 г., при этом больше всех будут затронуты небольшие крестьянские хозяйства. Однако существует возможность, что адаптация может сократить эти отрицательные эффекты (Benhin, 2006). [РГII, 9.4.4]

Тематическое исследование изменения климата, водообеспеченности и сельского хозяйства на конкретном примере Египта представлено во вставке 5.2.

Однако не все изменения климата и его изменчивость будут иметь отрицательные последствия для сельского хозяйства. Вегетационные сезоны в определенных районах, таких, как районы вокруг нагорий в Эфиопии, могут стать более продолжительными под влиянием изменения климата. Сочетание повышенной температуры и изменений дождевых осадков могут привести к увеличению вегетационного сезона, например, в некоторых горных районах (Thornton et al., 2006). В результате ослабления морозов в высокогорной местности горы Кения и горы Килиманджаро, например, может стать возможным выращивание культур более умеренных широт, например, яблок, груш, ячменя, пшеницы и т.д. (Parry et al., 2004). [РГII, 9.4.4]

Вставка 5.2: Климат, водообеспеченность и сельское хозяйство в Египте. [РГII, вставка 9.2]

Египет является одной из африканских стран, которая может быть уязвимой для водного стресса в условиях изменения климата. Согласно оценкам, использованная вода в 2000 г. составляла примерно 70 км^3, что уже намного превосходит имеющиеся ресурсы (Gueye et al., 2005). Главная проблема состоит в ликвидации быстро растущего несоответствия ограниченной водообеспеченности и расширяющегося спроса на воду различных экономических секторов. Темпы употребления воды уже достигли своего максимума для Египта, и изменение климата усугубит эту уязвимость.

Сельское хозяйство потребляет примерно 85% ежегодного общего водного ресурса и играет важную роль в национальной экономике Египта, внося около 20% ВВП. Более 70% возделываемой площади зависит от низкоэффективных систем поверхностного орошения, которые вызывают потери полых вод, уменьшение продуктивности земель, проблемы заболачивания и минерализации (El-Gindy et al., 2001). Более того, неустойчивые сельскохозяйственные практики и неправильное управление орошением влияют на качество водных ресурсов страны. В свою очередь, ухудшение качества воды для орошения оказывает неблагоприятное воздействие на орошаемые почвы и культуры.

Ведомственные органы по управлению водными ресурсами в Египте работают над достижением следующих целей к 2017 г. через Национальный план по улучшению (EPIQ, 2002; ICID, 2005):

- Улучшение охвата водной гигиеной городских и сельских районов.
- Утилизация сточных вод.
- Оптимизация использования водных ресурсов через улучшение эффективности орошения и сельскохозяйственного дренажа - повторного водопользования.

Однако с изменением климата, очевиден ряд серьезных угроз:

- Повышение уровня моря может оказать воздействие на дельту Нила и на людей, живущих в дельте и других прибрежных районах (Wahab, 2005).
- Повышение температуры, *вероятно*, приведет к уменьшению продуктивности основных культур и увеличит их потребность в воде, при этом непосредственно уменьшая эффективность использования воды для культур (Abou-Hadid, 2006; Eid et al., 2006).
- Возможно общее увеличение потребности орошения (Attaher et al., 2006).
- Также возрастет степень неопределенности в отношении стока Нила.
- На основе сценариев СДСВ, Египет, *вероятно*, будет испытывать повышение водного стресса, при проекции уменьшения осадков и проекции населения от 115 до 179 млн человек к 2050 г. Это приведет к увеличению водного стресса во всех секторах. Продолжающееся расширение орошаемых площадей уменьшит способность Египта справиться с будущими колебаниями стока (Conway, 2005).

Рыбный промысел является другим важным источником дохода, занятости и белка. В прибрежных регионах, где расположены основные лагуны или озерные системы, изменения пресноводных стоков и повышение проникновения соленых вод в лагуны затронет виды, являющиеся основой внутриматериковых рыбных ресурсов или аквакультуры (Cury and Shannon, 2004). [РГII, 9.4.4]

Было изучено воздействие изменения климата на поголовье скота в Африке (Seo and Mendelsohn, 2006). Уменьшение осадков на 14%, *вероятно*, сократит доход от домашнего скота крупных ферм примерно на 9% (-5 млрд долл. США) из-за уменьшения как численности поголовья скота, так и чистой выручки за каждое животное. [РГII, 9.4.4]

5.1.3.5 Биоразнообразие

Уменьшение почвенной влаги вследствие изменения осадков может затронуть природные системы несколькими путями. Имеются проекции существенного вымирания как видов животных, так и видов растений. Изменение климата может затронуть более 5 000 видов растений, в основном из-за сокращения пригодных сред обитания. К 2050 г. биом финбос (экосистема с доминированием вересковых (Ericaceae) в Южной Африке, являющаяся «горячей точкой» МСОП) в соответствии с проекцией потеряет 51-61% своей территории из-за уменьшения осадков в зимний период. Проецируется, что биом суккулента Кару, который включает 2 800 видов растений, при повышенном риске вырождения распространится на юго-восток, и примерно 2% семьи *Proteaceae* выродится. Эти растения тесно связаны с птицами, которые специализируются на употреблении их в качестве корма. В соответствии с многочисленными проекциями, численность некоторых видов млекопитающих, таких, как зебра и антилопа ньяла, которые, как было показано, являются уязвимыми для вызванных засухой изменений в наличии пищи, уменьшится. В некоторых районах управления дикой природой, таких, как Национальные парки Крюгера и Хванге, популяции диких животных уже зависят от запасов воды, пополняемых из скважин (вставка 5.3). [РГII, 4.4, 9.4.5, табл. 9.1]

Вставка 5.3: Прогнозируемое вымирание животных в Национальном парке Крюгера, Южная Африка. [РГII, табл. 4.1]

В Национальном парке Крюгера, Южная Африка, при повышении средней глобальной температуры на 2,5-3,0°C выше уровней 1990 г.:

- 24-59% млекопитающих,
- 28-40% птиц,
- 13-70% бабочек,
- 18-80% других беспозвоночных, и
- 21-45% пресмыкающихся будут обречены на вымирание.

Всего в перспективе будет утрачено 66% видов животных.

Многие виды птиц – мигранты из Европы и района Палеоарктики. Некоторые виды используют северные районы Сахели в качестве места для промежуточной остановки перед пересечением пустыни Сахары. Вызванная засухой нехватка пищи в регионе ухудшит успех миграции таких птиц. Как отмечалось, модели осадков для Сахели допускают двоякое толкование. [РГII, 9.3.1] Если осуществятся сценарии влажного климата, тогда биоразнообразию не угрожает неминуемая опасность воздействий, связанных с водным стрессом. С другой стороны, сценарии более сухого климата приведут, в конечном счете, к обширным вымираниям, особенно с ростом соперничества между естественными системами и потребностями человека. [РГII, 9.4.5]

Результаты моделирования для хищников в южных районах Африки с использованием осадков в качестве ключевого фактора окружающей среды, позволяют предположить значительное уменьшение их ареала, так как их современные ареалы становятся более засушливыми. [РГII, 4.4.3] В целом ожидается, что примерно 25-40% видов африканских животных к югу от Сахары в охраняемых районах будут под угрозой исчезновения. [РГII, 9.4.5]

5.1.4 Адаптация и уязвимость

Последние исследования в Африке выдвигают на первый план уязвимость локальных групп, которые в основном зависят от природных ресурсов, как источника существования, при этом указывается, что их ресурсная база, уже испытывающая серьезный стресс и деградацию из-за чрезмерного использования, как ожидается, будет и далее подвергаться воздействию изменения климата (Leary et al., 2006). [РГII, 17.1]

Изменение и изменчивость климата имеют потенциальную возможность оказать дополнительную нагрузку на обеспечение водой, ее доступность, водоснабжение и потребность в воде в Африке. [РГII, 9.4.1] По оценкам, примерно 25% (200 млн) населения Африки испытывает в настоящее время водный стресс, при этом ожидается, что в будущем количество стран, стоящих перед проблемой высокого риска, возрастет (см. раздел 5.1.3.1). [РГII, 9.P] Кроме того, представляется, что даже без изменения климата, некоторые страны, особенно в северных районах Африки, достигнут порогового уровня своих сухопутных водных ресурсов, пригодных для использования с экономической точки зрения, до 2025 г. [РГII, 9.4.1] Такие частые стихийные бедствия, как засухи и наводнения, существенно ограничили сельскохозяйственное развитие в Африке, сильно зависящей от дождевых осадков, что привело к отсутствию продовольственной безопасности в дополнение к ряду макро- и микроструктурных проблем. [РГII, 9.5.2]

ЭНСО оказывает значительное влияние на дождевые осадки в межгодовых масштабах в Африке и может повлиять на будущую изменчивость климата. [РГI, 3.7.4, 3.6.4, 11.2] При этом ряд препятствий затрудняют эффективную адаптацию к изменениям ЭНСО, включая: пространственно-временную неопределенность, связанную с прогнозами регионального климата; низкий уровень осведомленности о локальных и региональных воздействиях Эль-Ниньо среди лиц, принимающих решения; ограниченные национальные возможности в области мониторинга и прогнозирования

климата; и отсутствие координации при определении мер реагирования. (Glantz, 2001). [РГII, 17.2.2]

В отношении воздействий изменчивости и изменения климата на грунтовые воды имеется мало информации, несмотря на то, что многие страны (особенно в северной части Африки) зависят от таких водных источников. [РГII, 9.2.1]

Предыдущие оценки воздействий на водные ресурсы недостаточным образом освещали многочисленные виды водопользования в будущем и будущий водный стресс (например, Agoumi, 2003; Conway, 2005), и поэтому необходимы более подробные исследования в области гидрологии, дренажа и изменения климата. Странам, совместно использующим бассейны рек, необходимо также решать вопросы будущего доступа к воде в сельских районах, которая берется из поверхностных водных потоков низшего уровня, (например, de Wit and Stankiewicz, 2006). [РГII, 9.4.1]

Способность к адаптации и адаптация, связанная с водными ресурсами, считаются очень важными для Африканского континента. В историческом плане, миграция ввиду опасности засухи и паводков была определена как один из вариантов адаптации. Было обнаружено, что миграция также представляет источник дохода для тех мигрантов, которые нанимаются для сезонных работ. Другие практические методы, вносящие вклад в адаптацию, включают традиционные и современные методы сбора, сохранения и хранения воды и посадку засухоустойчивых и раннеспелых культур. Значимость использования в качестве основы традиционных знаний, связанных со сбором и использованием воды, выдвигается как одно из наиболее важных требований адаптации (Osman-Elashaetal., 2006), при этом указывается на необходимость его внедрения в политику в отношении изменения климата для обеспечения разработки эффективных стратегий адаптации, которые выгодны экономически, предусматривают совместное участие и устойчивы. [РГII, 9.5.1, табл. 17.1]

Имеется очень мало информации, касающейся стоимости воздействий и адаптации к изменению климата для водных ресурсов в Африке. Тем не менее, первоначальная оценка затрат на адаптацию в Южной Африке в бассейне реки Берг показывает, что затраты без адаптации к изменению климата могут быть намного больше по сравнению с теми, которые могут возникнуть, если в варианты управлении будут включены гибкие и эффективные подходы (см. Stern, 2007). [РГII, 9.5.2]

5.2 Азия

5.2.1 Контекст

Азия является регионом, где распределение водных ресурсов не является равномерным, и большие территории испытывают водный стресс. Среди 43 стран Азии 20 имеют возобновляемые ежегодные водные ресурсы на душу населения, превышающие 3 000 м^3, 11 имеют ресурсы от 1 000 до 3 000 м^3, и 6 стран - меньше 1 000 м^3 (по 6 оставшимся странам, данные отсутствуют) (ФАО, 2004a, b, c). [РГII, табл. 10.1] Между западным Китаем и Монголией и Западной Азией находятся обширные районы засушливых и полузасушливых земель. [РГII, 10.2] Даже во влажных и суб-гумидных районах Азии дефицит воды/стресс является одним из ограничений для устойчивого развития. С другой стороны, Азия имеет очень большое население, которое растет быстрыми темпами, низкие уровни развития и слабую способность справляться с проблемами. Ожидается, что изменение климата усугубит ситуацию нехватки воды в Азии наряду с многочисленными социально-экономическими стрессами. [РГII, 10.2]

5.2.2 Наблюдаемые последствия изменения климата для водных ресурсов

5.2.2.1 Ресурсы пресной воды

В течение последних нескольких десятилетий по всей Азии наблюдалась межсезонная, межгодовая и пространственная изменчивость дождевых осадков. Тренды уменьшения среднегодового количества осадков наблюдались в России, северо-восточных и северных районах Китая, прибрежных поясах и засушливых равнинах Пакистана, в части северо-восточных районов Индии, Индонезии, на Филиппинах и в некоторых районах Японии. Среднегодовые значения демонстрируют растущие тренды в западных частях Китая, бассейне Чанцзян (река Янцзы) и районах юго-восточного побережья Китая, на Аравийском полуострове, в Бангладеш и вдоль западного побережья Филиппин. Согласно сообщениям, за последние 20 лет сообщалось более частыми и интенсивными стали экстремальные явления погоды в Юго-Восточной Азии, связанные с Эль-Ниньо (Trenberth and Hoar, 1997; Aldhous, 2004). Важно отметить, что значительная междекадная изменчивость существует как в индийском, так и в восточно-азиатском муссонах. [РГI, 3.3.2, 3.7.1; РГII, 10.2.2, 10.2.3]

В целом повторяемость явлений более интенсивных осадков во многих частях Азии увеличилась, вызывая сильные паводки, оползни и потоки обломочного материала и селевые потоки, тогда как количество дождливых дней и общее годовое количество осадков уменьшилось (Zhai et al., 1999; Khan et al., 2000; Shrestha et al., 2000; Izrael and Anokhin, 2001; Mirza, 2002; Kajiwara et al., 2003; Lai, 2003; Min et al., 2003; Ruosteenoja et al., 2003; Zhai and Pan, 2003; Gruza and Rankova, 2004; Zhai, 2004). Тем не менее, имеются сообщения, что частота экстремального количества осадков в некоторых странах демонстрирует тенденцию к уменьшению (Manton et al., 2001; Kanai et al., 2004). [РГII, 10.2.3]

Увеличение частоты и интенсивности засух во многих частях Азии в основном объясняется повышением температуры, особенно во время летних и обычно более сухих месяцев, и в период явлений ЭНСО (Webster et al. 1998; Duong, 2000; PAGASA, 2001; Lai, 2002, 2003; Batima, 2003; Gruza and Rankova, 2004; Natsagdorj et al., 2005). [РГI, иставка 3.6; РГII, 10.2.3]

Быстрое таяние вечной мерзлоты и уменьшение глубины мерзлых почв [РГI, 4.7.2], преимущественно из-за потепления, угрожало многим городам и населенным пунктам, вызывало более частые оползни и вырождение некоторых лесных экосистем, и привело к повышению

уровня воды в озерах в районе вечной мерзлоты Азии (Osterkamp et al., 2000; Guo et al., 2001; Izrael and Anokhin, 2001; Jorgenson et al., 2001; Izrael et al., 2002; Fedorov and Konstantinov, 2003; Gavriliev and Efremov, 2003; Melnikov and Revson, 2003; Nelson, 2003; Tumerbaa, 2003; ACIA, 2005). [РГII, 10.2.4.2]

В среднем ледники Азии тают со скоростью, которая была постоянной по меньшей мере с 1960-х гг. (рис. 2.6). [РГI, 4.5.2] Однако отдельные ледники могут выпадать из этой схемы, и некоторые из них фактически наступают, и/или их толщина растет - например, в центральном Каракоруме – возможно из-за увеличения осадков (Hewitt, 2005). [РГI, 4.5.3] В результате продолжающегося таяния ледников ледниковый сток и частота прорыва ледниковых озер, вызывающих селевые потоки и лавины, увеличились (Bhadra, 2002; WWF, 2005). [РГII, 10.2.4.2]

На рис. 5.5 показано отступание (с 1780 г.) ледника Ганготри - источника Ганга, расположенного в штате Уттараханд, Индия. Хотя это отступание связано с антропогенным изменением климата, не проводилось никаких компетентных исследований. Следует отметить, что язык именно этого ледника достаточно плоский и сильно покрыт обломочным материалом. Сокращение языков с такими характеристиками трудно связать с конкретным климатическим сигналом, так как покров из обломочного материала скрывает любой сигнал. Плоские языки имеют тенденцию внезапного обрушения с резким изменением площади, после утончения в течение десятилетий при относительно небольшом изменении ареала. [РГII, 10.6.2]

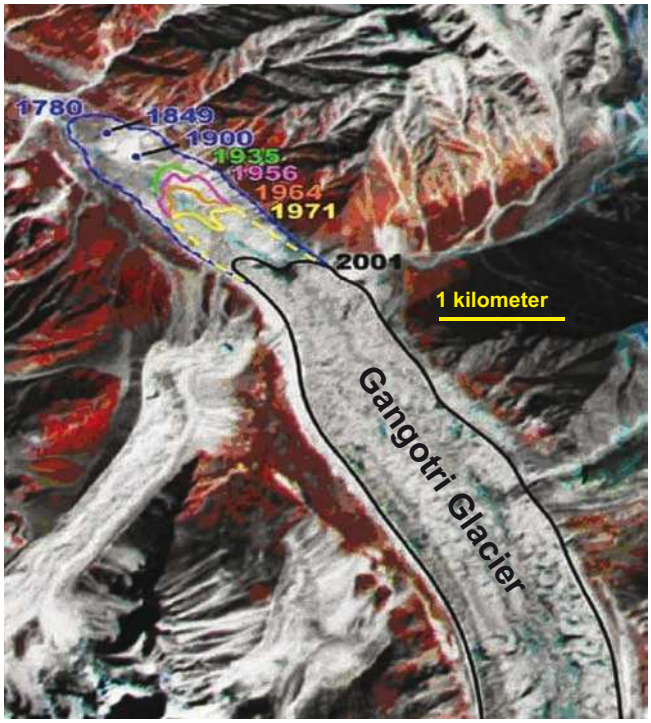


Рис. 5.5: *Композитный спутниковый снимок, показывающий, как отступила кромка ледника Ганготри (исток Ганга, расположенный в штате Уттараханд, Индия) с 1780 г. (воспроизводится с любезного разрешения NASA EROS Data Center, 9 September, 2001). [РГII, рис. 10.6]*

В некоторых частях Китая повышение температуры и уменьшение осадков вместе с увеличением водопользования вызвало нехватку воды, что привело к высыханию озер и рек. В Индии, Пакистане, Непале и Бангладеш, причиной нехватки воды являются такие проблемы, как быстрая урбанизация и индустриализация, рост населения и неэффективное водопользование, усугубляющиеся из-за изменяющегося климата и его неблагоприятных воздействий на потребность в воде, водоснабжение и качество воды. В странах, расположенных в бассейнах рек Брахмапутры – Ганга - Мегхны и Инда, дефицит воды также является результатом деятельности по хранению воды жителями прибрежной полосы выше по течению. В засушливых и полузасушливых районах Центральной и Западной Азии изменение климата и его изменчивость продолжают создавать проблемы, связанные со способностью стран удовлетворять растущий спрос на воду (Abu-Taleb, 2000; Ragab and Prudhomme, 2002; Bou-Zeid and El-Fadel, 2002; UNEP/GRID-Arendal, 2002). Как сообщалось, уменьшение осадков и повышение температуры, обычно связываемые с ЭНСО, усугубили нехватку воды, особенно в тех частях Азии, где водные ресурсы уже испытывают стресс из-за растущих потребностей в воде и неэффективного водопользования (Manton et al., 2001). [РГII, 10.2.4.2]

5.2.2.2 Сельское хозяйство

Производство риса, маиса и пшеницы за последние несколько десятилетий сократилось во многих частях Азии из-за усиления водного стресса, возникшего частично в результате повышения температуры, более частых явлений Эль-Ниньо и сокращения числа дождливых дней (Wijeratne, 1996; Agarwal et al., 2000; Jinetal., 2001; Fischer etal., 2002a; Tao etal., 2003a, 2004). [РГII, 10.2.4.1]

5.2.2.3 Биоразнообразие

В результате постепенного сокращения количества дождевых осадков во время вегетационного сезона травянистых растений засушливость в Центральной и Западной Азии за последние годы возросла, вследствии чего сократились площади лугопастбищных угодий и увеличилась лишенная растительности земная поверхность (Bou-Zeid and El-Fadel, 2002). Увеличение лишенной растительности поверхности привело к повышению отражения солнечной радиации, при котором испаряется больше почвенной влаги, а земля становится все более сухой в процессе обратной связи, способствуя, таким образом, ускорению деградации лугопастбищных угодий (Zhang et al., 2003). [РГII, 10.2.4.4]

Уменьшение осадков и засухи в большинстве дельтовых районов Пакистана, Бангладеш, Индии и Китая привели к высыханию водно-болотных угодий и сильной деградации экосистем. Повторяющиеся засухи с 1999 г. по 2001 г., а также строительство накопителей выше по течению и неправильное использование грунтовых вод привели к высыханию водно-болотного угодья Момоге, расположенного на равнине Суннэнь в северо-восточной части Китая (Pan et al., 2003). [РГII, 10.2.4.4]

5.2.3 Проекции последствий изменения климата для водных ресурсов и основных факторов уязвимости

5.2.3.1 Пресноводные ресурсы

Ожидаются изменения сезонности и количества расходов воды речных систем в результате изменения климата. В некоторых частях России изменение климата может существенно повлиять на изменчивость речного стока таким образом, что случаи чрезвычайно низкого речного стока могут происходить намного чаще в регионах выращивания культур на юго-западе (Peterson et al., 2002). Обеспечение поверхностной водой из основных рек, таких, как Евфрат и Тигр, может быть затронуто изменением речного потока. В Ливане ежегодные суммарные, годные к употреблению водные ресурсы, уменьшатся на 15% вследствие среднего повышения температуры на 1,2°C (по оценкам ГКМ) и удвоения содержания C02, тогда как потоки в реках увеличатся зимой и уменьшатся весной (Bou-Zeid and El-Fadel, 2002). По проекции, максимальный месячный сток Меконга возрастет на 35-41% в бассейне и на 16-19% в дельте, при этом более низкая величина, по оценкам, приходится на 2010-2038 гг., а более высокая - на 2070-2099 гг., по сравнению с уровнями 1961-1990 гг. В отличие от этого минимальные месячные потоки уменьшатся, согласно оценкам, на 17-24% в бассейне и на 26-29% в дельте (Hoanh et al., 2004), [РГII, вставка 5.3] Это позволяет предположить, что во время сезона дождей риск наводнения может повыситься, а возможность дефицита воды в сухой сезон увеличиться. [РГII, 10.4.2.1]

Наводнение может расширить среду обитания видов рыб, живущих в солоноватых водах, но может также серьезно затронуть отрасль аквакультуры и инфраструктуру, особенно в густонаселенных мега-дельтах. Сокращение потоков в период сухих сезонов может уменьшить рост численности популяции некоторых видов. Ожидается, что в некоторых частях центральной Азии, региональные повышения температуры приведут к увеличению вероятности таких случаев, как селевые потоки и лавины, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на населенные пункты (Iafiazova, 1997). [РГII, 10.4.2.1]

Проникновение соленых вод в эстуарии, вызванное уменьшением речного стока, может распространиться на 10-20 км вглубь материка из-за повышения уровня моря (Shen et al., 2003; Yin etal., 2003; Thanh etal., 2004). Повышение температуры воды и эвтрофикация в эстуариях Чжуцзян и Чанцзян привели к образованию донного горизонта с дефицитом кислорода и увеличению частоты и интенсивности «красных приливов» (Hu et al., 2001). Повышение уровня моря на 0,4-1,0 м может вызвать проникновение соленых вод на 1-3 км вглубь материка в эстуарии Чжуцзян (Huang and Xie, 2000). Рост частоты и интенсивности засух на водосборной площади приведет к более серьезному и частому проникновению соленых вод в эстуарий (Xu, 2003; Thanh et al., 2004; Huang et al., 2005) и, таким образом, ухудшит качество поверхностных и грунтовых вод. [РГII, 10.4.2.1, 10.4.3.2]

Последствия увеличения таяния снега и ледников, а также поднятия снеговых границ будут неблагоприятными для сельского хозяйства вниз по течению в ряде стран Южной и Центральной Азии. Проецируется, что объем и скорость снеготаяния весной увеличатся в северо-западных районах Китая и западном районе Монголии, и что срок таяния может наступить раньше, что приведет к увеличению некоторых водных источников и возможному паводку весной, однако к концу этого века прогнозируется значительный дефицит обеспеченности воды для нужд скотоводства (Batimaetal, 2004, 2005). [РГII, 10.4.2, 10.6]

Ожидается, что в среднесрочном плане усиление снеготаяния и таяния ледников, вызванные изменением климата, приведет к паводкам. Такие паводки довольно часто вызываются поднятием уровня речных вод из-за блокирования русла дрейфующим льдом. [РГII, 10.4.2, 10.6]

Ожидается, что проецируемое повышение приземной температуры воздуха в северо-западной части Китая, полученное линейной экстраполяцией наблюдавшихся изменений, приведет к уменьшению площади ледников на 27%, площади мерзлых почв на 10-15%, росту паводка и потока обломочного материала и более значительной нехватке воды к 2050 г. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. (Qin, 2002). Предполагается, что продолжительность сезонного снежного покрова в высокогорных районах, а именно Тибетском Нагорье, Синцзяне и районах внутренней Монголии, сократится, что приведет к уменьшению объема и, соответственно, к суровым весенним засухам. *Вероятно*, что сток в расчете на душу населения уменьшится к концу XXI века от 20% до 40% в провинциях Нинся, Синцзян и Цинхай (Tao et al., 2005). Однако нагрузка на водные ресурсы из-за роста населения и социально-экономического развития, *вероятно*, возрастет. В работе Хигаши и др. (Higashi et al. (2006)) дается проекция, согласно которой риск паводков в будущем в Токио (Япония) в период между 2050 г. и 2300 г. по сценарию СДСВ A1B, *вероятно*, будет в 1,1 – 1,2 раза выше, чем в современных условиях. [РГII, 10.4.2.3]

Общая водообеспеченнось на душу населения в Индии по проекции уменьшится примерно с 1 820 м^3/г в 2001 г. до 1 140 м^3/г в 2050 г. в результате роста населения (Gupta and Deshpande, 2004). В другом исследовании указывается, что Индия достигнет состояния водного стресса до 2025 г. когда обеспеченность по прогнозам упадет ниже 1 000 м^3 на душу человека (Центральная комиссия по водным ресурсам, 2001 г.). Эти изменения вызваны климатическими и демографическими факторами. Относительный вклад этих факторов неизвестен. Проецируемое уменьшение зимних осадков в Индостане повлечет уменьшение объема хранения воды и усиление водного стресса во время муссонного периода с малым количеством осадков. Интенсивные дожди, выпадающие в течение меньшего количества дней, что означает увеличение частоты паводков во время муссона, могут также привести к уменьшению потенциальной возможности пополнения грунтовых вод. Расширение площадей, испытывающих сильный водный стресс, станет одной из наиболее неотложных экологических проблем в Южной и Юго-Восточной Азии в обозримом будущем, так как количество людей, живущих в условиях сильного водного стресса, *вероятно*, существенно возрастет в абсолютных показателях. Согласно оценкам в рамках всех сценариев СДСВ от 120 млн до 1,2 млрд и от 185 до 981 млн человек будут

испытывать повышенный водный стресс, соответственно, к 2020-м гг. и 2050-м гг. (Arnell, 2004). По проекции, годовой сток Красной реки уменьшится на 13-19%, а реки Меконг на 16-24% к концу XXI века, что, будет способствовать усилению водного стресса (АБР, 1994 г.). [РГII, 10.4.2]

5.2.3.2 Энергия

Изменения стока могут оказать значительное воздействие на производство электроэнергии таких стран, вырабатывающих гидроэлектроэнергию, как Таджикистан, который является третьим по величине производителем гидроэлектроэнергии в мире (Всемирный банк, 2002 г.). [РГII, 10.4.2]

5.2.3.3 Сельское хозяйство

Согласно оценкам, необходимость орошения в сельском хозяйстве в засушливых и полузасушливых регионах Азии возрастет по меньшей мере на 10% при повышении температуры на 1°C (Fischer et al., 2002a; Liu, 2002). Основываясь на исследовании Tao и др. (Tao et al. (2003b)), выращивание богарных культур на равнинах севера и северо-востока Китая может столкнуться с проблемами, связанными с водой, в будущие десятилетия из-за увеличения спроса на воду и нехватки почвенной влаги из-за прогнозируемого уменьшения осадков. Следует, однако, отметить, что более двух третьих моделей, ансамбль которых представлен на рис. 2.8 и 2.10, показывают увеличение осадков и стока для этого региона. В северном Китае, орошение из источников поверхностных и грунтовых вод по проекции будет удовлетворять только 70% потребности в воде для сельскохозяйственного производства из-за воздействий изменения климата и роста спроса (Liu et al., 2001; Qin, 2002). [РГII, 10.4.1] Увеличение изменчивости гидрологических характеристик, *вероятно*, будет по-прежнему, влиять на снабжение зерном и продовольственную безопасность во многих странах Азии. [РГII, 10.4.1.2]

5.2.4 Адаптация и уязвимость

В странах Азии существуют различные виды уязвимости водных ресурсов в настоящее время. Предполагается, что некоторые страны, не сталкивающиеся сейчас с высоким риском, будут испытывать в будущем риск водного стресса, имея разные возможности для адаптации. Прибрежные районы, особенно густонаселенные районы мегадельты на юге, востоке и юго-востоке Азии, будут испытывать, по прогнозам, наибольший риск повышения речных паводков и прибрежного затопления. Ожидается, что в южных и восточных районах Азии сочетание воздействий изменения климата с быстрым ростом экономики и населения, и миграцией из сельских районов в городские районы, отрицательно скажется на развитии. [РГII, 10.2.4, 10.4, 10.6]

На уязвимость общества оказывает влияние его путь развития, физические виды подверженности, распределение ресурсов, предыдущие стрессы и общественные и правительственные учреждения. Все общества имеют свойственные им способности реагирования на определенные колебания климата, тем не менее, адаптивные способности распределены неравномерно как по странам, так и в рамках определенных обществ. Небогатые и изолированные общества исторически больше всех подвержены риску и наиболее уязвимы для изменения климата. Последние исследования в Азии показывают, что маргинализованные группы населения, источник существования которых зависит от первичных ресурсов, особенно уязвимы для воздействий изменения климата, если их база природных ресурсов испытывает сильный стресс и находится в состоянии упадка из-за чрезмерного использования, или если их системы руководства неспособны к эффективному реагированию (Leary et al., 2006). [РГII, 17.1] Имеется все больше свидетельств, что адаптация происходит в ответ на наблюдаемое и ожидаемое изменение климата. Например, изменение климата составляет один из факторов при разработке проектов инфраструктуры, таких, как защита береговой линии на Мальдивских островах и предотвращение наводнений в результате прорыва ледникового озера в Непале (см. вставку 5.4). [РГII, 17.2, 17.5, 16.5]

В некоторых частях Азии превращение пахотных земель в лесные угодья (луга), реконструкция и восстановление растительности, улучшение разновидностей деревьев и растений, и селекция и разведение новых засухоустойчивых разновидностей могут стать действенными мерами для предотвращения дефицита водных ресурсов вследствие изменения климата. Водосберегающие схемы для орошения могут быть использованы для предотвращения дефицита воды в регионах, уже испытывающих водный стресс (Wang, 2003). В северной части Азии оборот и повторное использование муниципальных сточных вод (Frolov et al., 2004) и растущая эффективность использования воды для орошения и других целей (Alcamo et al., 2004), *вероятно*, помогут предотвратить дефицит водных ресурсов. [РГII, 10.5.2]

Существует много мер адаптации, которые могут быть применены в разных частях Азии для минимизации воздействий изменения климата на водные ресурсы, некоторые из которых направлены на решение проблем неэффективного использования воды:

- модернизация существующих схем орошения и управление спросом, направленным на оптимизацию физической и экономической эффективности использования водных ресурсов и оборотной воды в странах, испытывающих водный стресс;
- политика государственных инвестиций, которая улучшает доступ к имеющимся водным ресурсам, поощряет комплексное управление водными ресурсами и бережное отношение к окружающей среде, и содействует применению улучшенных практических методов для разумного водопользования в сельском хозяйстве;
- использование водных ресурсов для удовлетворения потребностей в непитьевой воде. После очистки оборотная вода может быть также использована для создания или увеличения водно-болотных угодий и прибрежных сред обитания. [РГII, 10.5.2]

Эффективная адаптация и способность к адаптации, особенно в развивающихся странах Азии, будут по-прежнему сдерживаться различными экологическими, социально-экономическими, техническими, институциональными и политическими ограничениями. Оборот воды является устойчивым подходом для адаптации к изменению климата и может быть экономически выгодным в долгосрочном плане. Однако, очистка сточных вод для повторного использования, практикуемая сейчас в Сингапуре, и установка распределительных систем могут

Вставка 5.4: Проект по уменьшению рисков, связанных с озером Тшо Ролпа в Непале, как пример наблюдаемой упреждающей адаптации. [РГII, вставка 17.1]

Тшо Ролпа является ледниковым озером, расположенным на высоте около 4 580 м в Непале. Сокращение ледника увеличило размер Тшо Ролпа с 0,23 км^2 в 1957/58 г. до 1,65 км^2 в 1997 г. (рис. 5.6). В тот период 90-100 млн м^3 воды озера удерживались моренной дамбой и представляли источник опасности, который требовал неотложных действий для уменьшения риска катастрофического паводка из-за прорыва ледникового озера (ГЛОФ).

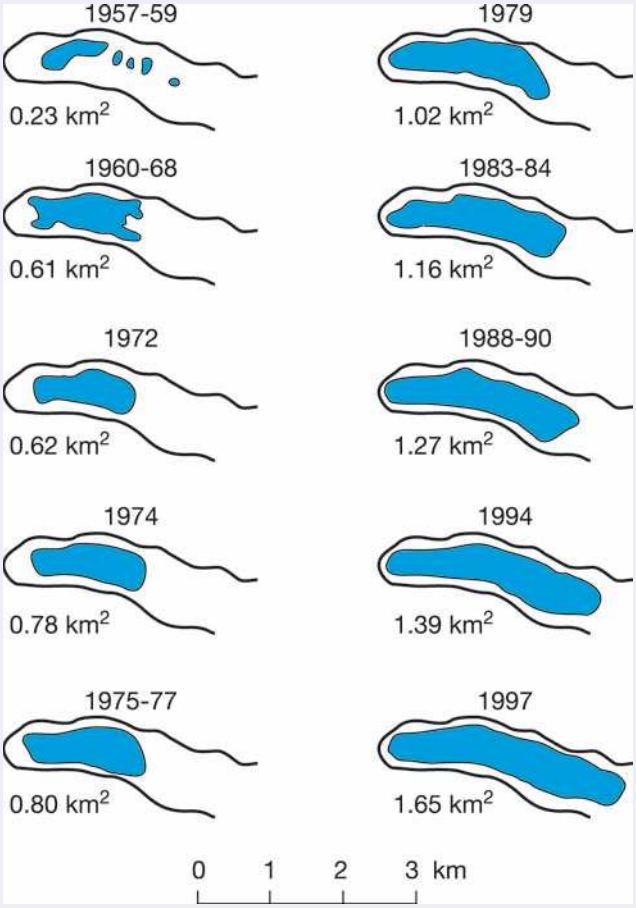


Рис. 5.6: *Изменения площади Тшо Ролпа с течением времени.*

Если бы дамба была прорвана, одна треть или больше этой воды могла устремиться вниз по течению. Среди других факторов этот фактор представлял основную опасность для гидроэлектростанции Кхимти, которая строилась ниже по течению. Эти соображения побудили правительство Непала при поддержке международных доноров начать в 1998 г. проект по понижению уровня озера с помощью дренажа. Группа экспертов рекомендовала для уменьшения риска ГЛОФ понизить уровень озера на три метра, проделав канал в морене. Были построены шлюзовые ворота для регулирования выпуска воды. При этом была установлена система заблаговременного предупреждения в девятнадцати поселках ниже по течению в случае, если, несмотря на эти усилия, произойдет прорыв Тшо Ролпа. Жители местных деревень принимали активное участие в проектировании этой системы, и периодически выполнялось бурение для проверки безопасности. В 2002 г. четырехлетний проект стоимостью 3,2 млн долл. США был завершен. Очевидно, что уменьшение рисков ГЛОФ связано со значительными затратами и требует времени, так как полное предотвращение ГЛОФ потребует дальнейшего дренажа для понижения уровня озера.

Случай Тшо Ролпа необходимо рассматривать в более широком контексте. Частота паводков, связанных с прорывами ледниковых озер (ГЛОФ) в районах Гималаев в Непале, Бутане и Тибете возросла с 0,38 случаев/г в 1950-х гг. до 0,54 случаев/г в 1990-х гг. [РГII, 1.3.1.1]

Источники: Mool et al. (2001), OECD (2003), Shrestha and Shrestha (2004).

сначала быть дорогостоящими в сравнении с такими альтернативами водоснабжения, как использование привозной воды или грунтовых вод. Тем не менее, они являются важными потенциальными вариантами адаптации во многих странах Азии. Необходимо практиковать сокращение потерь и утечек для смягчения сокращения водоснабжения в результате уменьшения осадков и повышения температуры. Использование подходов, ориентированных на рынок, для сокращения расточительного водопользования может также быть эффективным для уменьшения неблагоприятных воздействий изменения климата на водные ресурсы. В таких реках, как Меконг, где прогнозируется увеличение расхода в сезон дождей и уменьшение потоков во время сухого сезона, такие плановые вмешательства в управление водными ресурсами, как плотины и водохранилища, могут незначительно уменьшить потоки в сезон дождей и значительно увеличить стоки во время сухого периода. [РГII, 10.5.2, 10.5.7]

5.3 Австралия и Новая Зеландия

5.3.1 Контекст

Несмотря на то, что Австралия и Новая Зеландия очень различаются в гидрологическом и геологическом плане, они обе уже испытывают воздействия на водоснабжение последнего изменения климата в результате естественной изменчивости и деятельности человека. Самой существенной региональной причиной естественной изменчивости климата является цикл Эль-Ниньо - Южное колебание (раздел 2.1.7). Начиная с 2002 г., фактически во всех восточных штатах и юго-западном регионе Австралии произошел переход к засухе. Эта засуха по меньшей мере сравнима с так называемыми «засухами Федерации» 1895 г. и 1902 г., и вызвала значительную полемику об изменении климата и его воздействии на водные ресурсы и устойчивое управление ими. [РГII, 11.2.1, 11.2.4]

Увеличение спроса на воду подвергло стрессу способность водоснабжения для орошения, городов, промышленности и природных водотоков. Возросший спрос, начиная с 1980-гг. в Новой Зеландии, был вызван интенсификацией сельского хозяйства (Woods and Howard-Williams, 2004). Орошаемая площадь Новой Зеландии возрастала примерно на 55% каждое десятилетие с 1960-х гг. (Lincoln Environmental, 2000). С 1985 г. по 1996 г. потребность Австралии в воде выросла на 65% (NLWRA, 2001). В Австралии засоленность засушливых земель, изменение речных течений, чрезмерное распределение и неэффективное использование водных ресурсов, расчистка местности от деревьев, интенсификация сельского хозяйства и дробление экосистем являются основными источниками экологического стресса (SOE, 2001; Cullen, 2002). В контексте проекции изменения климата водоснабжение является одним из самых уязвимых секторов в Австралии и как ожидается, станет одной из основных проблем в некоторых частях Новой Зеландии. [РГII, 11.P, 11.2.4, 11.7]

5.3.2 Наблюдаемые изменения

В юго-западной части Западной Австралии, где дождевые осадки преобладают в зимний период, с середины XX века наблюдается значительное понижение количества осадков в мае-июле. Воздействия этого уменьшения на естественном стоке были весьма значительными, о чем свидетельствует сокращение на 50% ежегодных

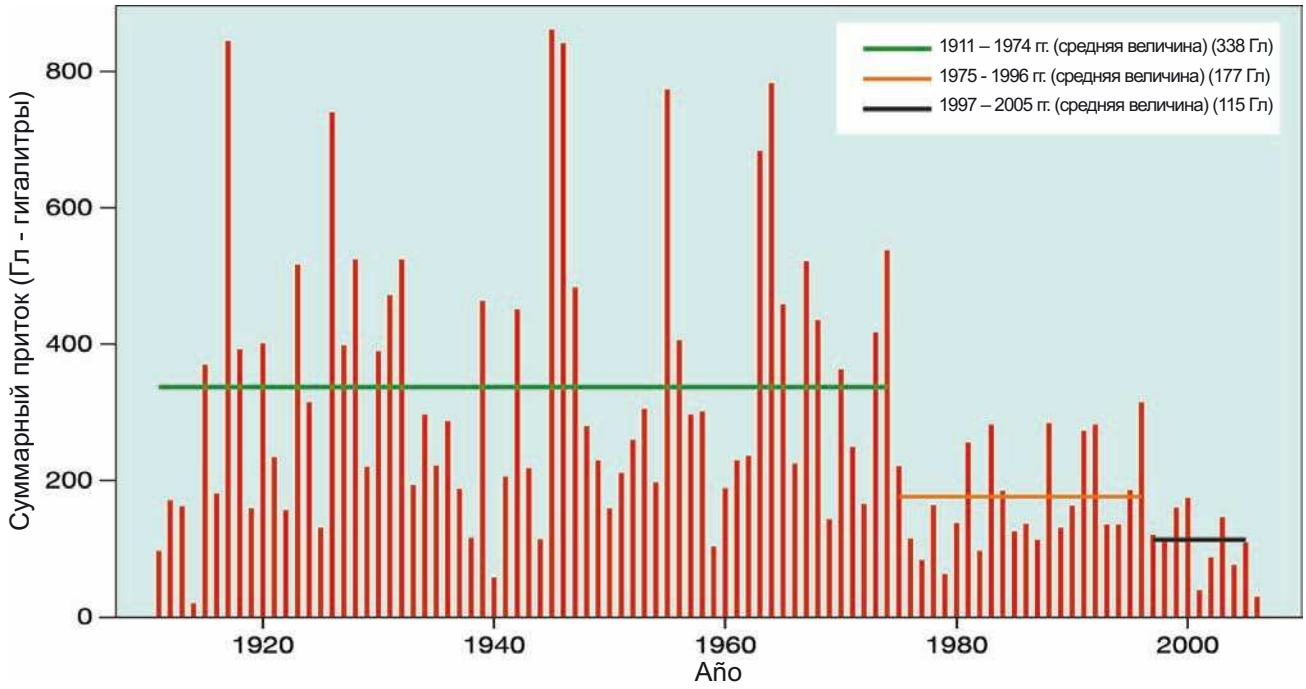


Рис. 5.7: *Ежегодный приток в систему водоснабжения Перта с 1911 по 2006 гг.. Горизонтальные линии показывают средние значения. Источник: http://www.watercorporation.com.aU/D/dams_streamflow.cfm (воспроизводится с разрешения Water Corporation of Western Australia). [РГII, рис. 11.3]*

притоков в накопители, снабжающие город Перт (рис. 5.7). Аналогичным нагрузкам подверглись локальные ресурсы грунтовых вод и водно-болотные угодья. Это сопровождалось 20% ростом бытового использования воды в течение 20 лет и приростом населения на 1,7% в год (IOCI, 2002). Хотя во время ДО4 формальные исследования по установлению причин не проводились, моделирование климата показало, что, по меньшей мере, частично наблюдавшаяся засушливость была связана с усилением парникового эффекта (IOCI, 2002). В последние годы в восточной и других частях южного региона Австралии наблюдается интенсивная многолетняя засуха. Например, суммарный приток в реку Муррей в течение пяти лет, предшествующих 2006 г. был самый низкий из пятилетних рядов за период наблюдений. [РГII, 11.6]

5.3.3 Проекции изменений

5.3.3.1 Вода

Текущие проблемы безопасности водонабжения, весьма вероятно, возрастут к 2030 г. в южной и восточной частях Австралии и в некоторых восточных районах Новой Зеландии, удаленных от основных рек. [РГII, 11.P] Бассейн рек Муррей - Дарлинг является самым большим речным бассейном Австралии, обеспечивающим примерно 70% орошаемых культур и пастбищ (MDBC, 2006). По сценариям выбросов Al и Bl СДСВ и данным целого ряда ГКМ прогнозируется снижение годового руслового стока в этом бассейне на 10-25% к 2050 г. и на 16-48% к 2100 г., с изменениями солености, соответственно, от -8 до + 19% и от -25 до +72% (Beare and Heaney, 2002). [РГII, табл. 11.5] По проекции, сток в 29 водосборных бассейнах штата Виктория снизится на 0-45% (Jones and Durack, 2005). Для сценария А2 проекции показывают снижение на 6-8% годового стока на большей части восточного региона Австралии и на 14% в Юго-Западной Австралии в период 2021-2050 гг. относительно периода 1961-1990 гг. (Chiew et al., 2003). Оценка риска для Мельбурна с использованием десяти климатических моделей (на основе сценариев Bl, A1B и A1F СДСВ) показала среднее уменьшение руслового стока на 3-11% к 2020 г. и на 7-35% к 2050 г.; тем не менее запланированные действия, ориентированные на спрос и предложение, могут облегчить проблему дефицита воды до 2020 г., включительно (Howe et al., 2005). О будущих воздействиях на грунтовые воды в Австралии известно мало. [РГII, 11.4.1]

В Новой Зеландии в пропорциональном отношении сток рек Южного острова, *весьма вероятно*, больше зимой и меньше летом (Woods and Howard-Williams, 2004). Этот фактор, *весьма вероятно*, обеспечит больше воды для выработки гидроэлектроэнергии в период максимальной потребности зимой и уменьшит зависимость от гидроаккумуляционных озер, с тем чтобы сохранить потенциал для выработки электроэнергии на следующую зиму. Однако отрасли, зависящие от орошения (например, производство молочной продукции, выращивание зерна, садоводство), *вероятно*, будут испытывать отрицательные эффекты из-за низкой обеспеченности водой в весенний и летний периоды, когда спрос максимальный. Увеличение частоты засух, *весьма вероятно*, в восточных районах и будет сопровождаться возможными потерями сельскохозяйственной продукции с неорошаемых земель (MuUan et al., 2005). Воздействия изменения климата на производство продовольствия и частоту засух *фактически определенно* будут меняться в зависимости от фаз ЭНСО и ТМК (McKerchar and Henderson, 2003). Водоносный горизонт грунтовых вод г. Окленда имеет дополнительную возможность пополнения в соответствии со всеми изученными сценариями (Namjou et al., 2006). *Весьма маловероятно*, что основные стоки в главных водотоках и источниках подвергнутся опасности, за исключением случаев многих засушливых лет подряд. [РГII, 11.4.1.1]

5.3.3.2 Энергия

В Австралии и Новой Зеландии, изменение климата может затронуть производство энергии в тех регионах, где уменьшение водоснабжения приводит к сокращению количества воды, подаваемой для гидроэнергетических турбин, и воды для охлаждения на теплоэлектростанциях. В Новой Зеландии, повышение скорости западных ветров, *весьма вероятно*, повысит выработку ветровой электроэнергии и орографические осадки в основных водосборах Южного острова, и увеличит количество дождей зимой в водосборном бассейне Ваикато (Ministry for the Environment, 2004). Потепление *фактически определенно* увеличит снеготаяние, отношение количества дождевых осадков к снеговым осадкам и речные потоки зимой и в начале весны. *Весьма вероятно*, что это будет содействовать выработке электроэнергии в период максимальной потребности в энергии для отопления. [РГII, 11.4.10]

5.3.3.3 Здоровье

Вероятно, что в географическом ареале и сезонности некоторых инфекционных заболеваний, переносимых москитами, произойдут изменения, например, болезни Росс-Ривер, лихорадки денге и малярии. Менее частые, но более интенсивные осадки, *вероятно*, затронут размножение москитов и увеличат изменчивость годовых показателей болезни Росс-Ривер, особенно в умеренных и полузасушливых районах (Woodruff et al., 2002, 2006). Тропическая лихорадка денге представляет потенциальную угрозу в Австралии; климат крайнего севера уже способствует распространению *Aedes aegypti* (основной переносчик среди москитов вируса тропической лихорадки денге), и за последнее десятилетие вспышки тропической лихорадки происходили с возрастающей частотой и масштабами на крайнем севере Австралии. *Маловероятно* упрочение малярии, если только не произойдет резкого ухудшения в реагировании системы здравоохранения (McMichael et al., 2003). [РГII, 11.4.11]

Эвтрофикация является основной проблемой качества воды (Davis, 1997; SOE, 2001). Токсические цветения воды, *вероятно*, будут появляться чаще, и продолжаться дольше из-за изменения климата. Они могут представлять угрозу для здоровья человека, как для рекреационного водопользования, так и для потребления воды, и могут привести к гибели рыбы и домашнего скота (Falconer, 1997). Простые, нейтральные по отношению к ресурсам, адаптивные стратегии управления, такие, как промывные потоки для смены воды, могут значительно уменьшить повторяемость и продолжительность их существования в богатых питательными веществами, термически стратифицированных водоемах (Viney et al., 2003). [РГII, 11.4.1]

5.3.3.4 Сельское хозяйство

Большие сдвиги в географическом распределении сельского хозяйства и его обслуживании *весьма вероятны.* Занятие сельским хозяйством на неплодородных землях в сухих регионах, *вероятно*, приобретет неустойчивый характер вследствие нехватки воды, новых угроз биологической безопасности, деградации окружающей среды и социальных неурядиц. [РГII, 11.7] Выращивание культур и другие сельскохозяйственные отрасли, зависящие от орошения, *вероятно*, будут под угрозой там, где обеспечение водой для полива сократится. Для маиса в Новой Зеландии уменьшение продолжительности вегетации понижает потребности культуры в воде, обеспечивая более тесную синхронизацию развития с сезонными климатическими условиями (Sorensen et al., 2000). Распространение виноградарства в обеих странах, *вероятно*, изменится в зависимости от пригодности по сравнению с высокоурожайными пастбищами и лесоводством имеющейся воды для орошения и затрат (Hood et al., 2002; Miller and Veltman, 2004; Jenkins, 2006). [РГII, 11.4.3]

5.3.3.5 Биоразнообразие

Воздействия на структуру, функцию и состав видов многих естественных экосистем, *вероятно*, будут значительными к 2020 г., и, *фактически определенно*, усугубят такие существующие стрессы, как инвазивные виды и утрата среды обитания (например, для перелетных птиц), увеличат вероятность вымирания видов, приведут к деградации многих природных систем и уменьшат экосистемные услуги для водоснабжения. Воздействие изменения климата на водные ресурсы также будут взаимодействовать с другими факторами, вызывающими стресс, такими как инвазивные виды и раздробленность среды обитания. Интрузия соленых вод в результате повышения уровня моря, уменьшение речных потоков и увеличение частоты засух, *весьма вероятно*, изменят состав видов пресноводных сред обитания с последующими воздействиями на эстуарные и прибрежные рыбные ресурсы (Bunn and Arthington, 2002; Hall and Burns, 2002; Herron et al., 2002; Schallenberg et al., 2003). [РГII, ll.P, 11.4.2]

Табл. 5.2: *Примеры адаптационных стратегий правительства для борьбы с дефицитом воды в Австралии. [РГII, табл. 11.2] Следует принять во внимание, что цифры инвестиций были точными во время опубликования Четвертого доклада об оценке в 2007 г, и не отражают последних событий.*

Правительство	Стратегия	Инвестиции	Источник
Австралия	Выплаты сельским общинам в связи с засухой	0,7 млрд долл. США с 2001 по 2006 гг.	DAFF, 2006b
Австралия	Национальная водная инициатива при поддержке Австралийского фонда водных ресурсов	1,5 млрд долл. США с 2004 . по 2009 гг.	DAFF, 2006a
Австралия	Соглашение по водным ресурсам бассейна Муррей-Дарлинг	0,4 млрд долл. США с 2004. по 2009 гг.	DPMC, 2004
Виктория	Восточная очистная установка Мельбурна по оборотному водоснабжению	225 млн долл. США к 2012 г.	Melbourne Water, 2006
Виктория	Новый водопровод из Бендиго в Балларат, оборотное водоснабжение, соединения между плотинами, уменьшение просачивания в канале, меры по сохранению	153 млн долл. США к 2015 г.	Premier Victoria, 2006
Виктория	Водопровод Малли-Виммера, заменивший открытые ирригационные каналы	376 млн долл. США к 2010 г.	Vic DSE, 2006
Новый Южный Уэльс (НЮУ)	Фонд сбережения воды НЮУ оказывает поддержку проектам, которые экономят или возвращают воду в оборот в Сиднее	98 млн долл. США для Раунда 3, плюс более чем 25 млн для 68 других проектов	DEUS, 2006
Квинсленд (КЛД)	План по водным ресурсам КЛД на 2005 - 2010 гг. для обеспечения повышения эффективности и качества водопользования, оборотного водоснабжения, готовности к засухе, нового ценообразования для воды	Включают 182 млн долл. США для инфраструктуры водных ресурсов в юго-восточном КЛД и 302 млн долл. США для других программ инфрастуктуры	Queensland Government, 2005
Южная Австралия	Проект по сохранению воды в Аделаиде является концептуальным планом по управлению, сохранению и развитию водных ресурсов Аделаиды к 2025 г	Данные отсутствуют	Government of South Australia, 2005
Западная Австралия	Государственная водная стратегия (2003 г.) и Государственный водный план (предложение) Корпорация водных ресурсов ЗА удвоила снабжение с 1996 по 2006 гг.	500 млн долл. США, потрачены Корпорацией водных ресурсов ЗА с 1996 по 2006 гг., плюс 290 млн долл. США на опреснительную установку в Перте	Government of Western Australia, 2003, 2006; Water Corporation, 2006

5.3.4 Адаптация и уязвимость

Плановая адаптация может значительно уменьшить уязвимость, и возможности заключаются в том, чтобы включить риски, вызванные изменением климата, как в число определяющих спрос факторов, так и в число факторов, определяющих предложение (Allen Consulting Group, 2005). В основных городах, таких, как Перт, Брисбен, Сидней, Мельбурн, Аделаида, Канберра и Окленд, озабоченность проблемами перенаселенности, продолжающейся засухи в южных и восточных районах Австралии, и воздействием изменения климата заставляют органы, занимающиеся планированием водных ресурсов, учитывать ряд вариантов адаптации. Хотя некоторая адаптация уже предпринималась в ответ на наблюдаемое изменение климата (например, действующие ограничения на воду, оборотное водоснабжение, опреснение морской воды) (см. табл. 5.2) [РГII, табл. 11.2, 11.6], обе страны предприняли существенные шаги по наращиванию адаптационного потенциала путем более активной поддержки научных исследований и приобретения знаний, расширения оценок рисков изменения климата для лиц, принимающих решения, внедрения вопроса изменения климата в политику и планы, повышения осведомленности и более эффективного решения проблем климата. Однако остаются экологические, экономические, информационные, социальные, установочные и политические барьеры для осуществления адаптации. [РГII, 11.5]

В городских водосборах, ливневая и оборотная вода может быть использована для повышения водоснабжения, хотя существующие организационные схемы и технические системы водораспределения ограничивают реализацию этого. Кроме того, общественное мнение выступает против использования оборотной воды для нужд населения (например, в таких городах, как Тувумба в Квинсленде, и Голберн в штате Новый Южный Уэльс). Установка накопителей для сбора дождевой воды является еще одним адаптивным реагированием и сейчас активно выполняется благодаря политике стимулов и скидок. Для сельской деятельности необходимы более гибкие схемы ассигнований через расширение рынков водных ресурсов, где коммерция может увеличить эффективность использования воды (Beare and Heaney, 2002). В этом отношении достигается значительный прогресс. В рамках Национальной водной инициативы штаты, территории и австралийское правительство в настоящее время обязаны следовать наилучшей практике ценообразования на воду и организационным схемам для достижения согласованности в ценах на воду. [РГII, 11.5]

Сочетание воздействий изменения климата с другими неклиматическими трендами приведет к ряду серьезных последствий для устойчивого развития, как в Австралии, так и в Новой Зеландии. В некоторых речных водосборах, где возрастающая потребность в городах и в сельских районах уже превысила устойчивые уровни снабжения, текущие и предлагаемые стратегии адаптации [РГII, 11.2.5], *вероятно*, дадут некоторый выигрыш во времени. Продолжающиеся темпы прибрежного развития, *вероятно*, потребуют более строгого планирования и регулирования для того, чтобы такое развитие оставалось устойчивым. [РГII, 11.7]

5.4 Европа

5.4.1 Контекст

Европа хорошо обеспечена водными ресурсами с многочисленными постоянными реками, многие из которых текут из центральной части континента к его окраинам. Также имеются обширные районы с низменным рельефом. Основные виды климата в Европе включают морской, переходный, континентальный, полярный и средиземноморский; основные типы растительности - тундра, хвойная тайга (бореальный лес), смешанный лиственный лес, степная и средиземноморская растительность. На относительно большой части Европы ведется сельское хозяйство, при этом одна треть площади классифицируется как пахотные угодья, и зерновые являются преобладающей культурой. [РГII, ТДО, 13.1.2.1]

Чувствительность Европы к изменению климата имеет четкий градиент с севера на юг, при этом во многих исследованиях указывается, что южная часть Европы будет затронута сильнее (EEA, 2004). Предполагается, что уже жаркий и полузасушливый климат южной части Европы станет еще теплее и суше, угрожая водным путям, гидроэнергетике, сельскохозяйственному производству и заготовкам древесины. В центральной и восточной частях Европы проекции летних осадков показывают их уменьшение, что вызовет усиление водного стресса. Северные страны также уязвимы к изменению климата, хотя на первоначальных стадиях потепления могут быть некоторые выгоды с точки зрения, например, повышенной урожайности культур и роста лесов. [РГII, 12.2.3, РП]

Ключевые нагрузки на окружающую среду касаются биоразнообразия, ландшафта, деградации почв и земель, деградации лесов, природных бедствий, управления водными ресурсами и зон отдыха. Большинство экосистем в Европе являются контролируемыми или наполовину контролируемыми; они часто фрагментарны и испытывают стресс в результате загрязнения и других антропогенных воздействий. [РГII, ТДО, 13.1.2.1]

5.4.2 Наблюдаемые изменения

Средние значения осадков зимой увеличивались в период 1946-1999 гг. на большей территории атлантической и северной частей Европы (Klein Tank et al., 2002), и отчасти это следует объяснять в контексте зимних изменений САК (Scaife et al., 2005). В Средиземноморском районе годовые тренды осадков за период 1950-2000 гг. были отрицательными в восточной части (Norrant and Douguedroit, 2006). Увеличение средних значений осадков в день с дождем наблюдается в большинстве районов континента, даже в некоторых его частях, которые становятся засушливее (Frich et al., 2002; Klein Tank et al., 2002; Alexander et al., 2006). В результате этих и других изменений в гидрологическом и термическом режимах (см. Auer et al., 2007) наблюдаемые воздействия регистрируются в других секторах, и некоторые из них представлены в табл. 5.3. [РГI, глава 3; РГII, 12.2.1]

Табл. 5.3: *Установление причин недавних изменений в природных и контролируемых экосистемах в наблюдаемых трендах температуры и осадков. [Выборочно из материалов РГII, табл. 12.1]*

Регион	Наблюдаемое изменение	Ссылка
Наземные экосистемы		
Горы Фенноскандии и суб-Арктика	Исчезновение некоторых типов водно-болотных угодий (бугристые болота) в Лапландии; увеличение богатства и повторяемости видов на высотной границе растительной жизни	Klanderud and Birks, 2003; Luoto et al., 2004
Сельское хозяйство		
Части Северной Европы	Увеличение стресса, оказываемого на культуры во время более жарких и сухих летних периодов; повышение риска для культур при выпадении града	Vineret al., 2006
Криосфера		
Россия	Уменьшение толщины и площади распространения вечной мерзлоты и виды ущерба для инфрастуктуры	Frauenfeld et al., 2004; Mazhitova et al.,2004
Альпы	Уменьшение сезонного снежного покрова (на низких высотах)	Laternser and Schneebeli, 2003; Martin and Etchevers, 2005
Европа	Уменьшение объема и площади ледников (за исключением некоторых ледников в Норвегии)	Hoelzle et al.,2003

5.4.3 Проекции изменений

5.4.3.1 Вода

В целом для всех сценариев прогнозируется увеличение среднегодовых величин осадков в северной части Европа и их уменьшение в направлении к югу. Однако изменение в осадках значительно отличается от сезона к сезону и по районам, являясь реакцией на изменения крупномасштабной циркуляции и концентрации водяного пара. В работе Раисанена и др. (Räisänen et al. (2004)) дается проекция значительного сокращения осадков в летний период (в некоторых районах до 70% в сценарии A2 СДСВ) в южной и центральной частях Европы, и, в меньшей степени, в центральных районах Скандинавии. Джиорджи и др. (Giorgi et al. (2004)) определили увеличение антициклонической циркуляции летом в северо-восточной Атлантике, которое вызывает образование гребня над западной частью Европы и ложбины над восточной Европой. Эта блокирующая структура отклоняет на север штормы, вызывая значительное и широко распространенное уменьшение осадков (до 30 - 45%) над Средиземноморским бассейном, а также над западной и центральной частями Европы. [РГI, табл. 11.1; РГII, 12.3.1.1]

В соответствии с проекцией, изменение климата окажет ряд воздействий на водные ресурсы (табл. 5.3). Увеличение годового стока предполагается в атлантической и северной частях Европы (Werritty, 2001; Andreasson et al., 2004), а уменьшение – в центральной, средиземноморской и восточной частях Европы (Chang et al., 2002; Etchevers et al., 2002; Menzel and Bürger, 2002; Iglesias et al., 2005). Прогнозируется увеличение среднегодового стока в северной части Европы (к северу от 47° с. ш.) примерно на 5-15% до 2020-х гг. и на 9-22% до 2070-х гг. по сценариям A2 и B2 и климатическим сценариям двух разных климатических моделей (Alcamo et al., 2007). Между тем предполагается, что сток в южной части Европы (к югу от 47° с. ш.) уменьшится на 0-23% до 2020-х гг. и на 6-36% до 2070-х гг. (для одного и того же набора предположений). Пополнение грунтовых вод, *вероятно*, уменьшится в центральной и восточной частях Европы (Eitzinger et al., 2003), при этом уменьшение будет больше в долинах (Krüger et al., 2002) и низменной местности, например в степях Венгрии: (Somlyódy, 2002). [РГII, 12.4.1, рис. 12.1]

Сезонность потока возрастает, при этом паводковые стоки наблюдаются в сезон максимального расхода, а меженные стоки - в сезон минимального расхода или продолжительных сухих периодов (Arnell, 2003,2004). [РГII, 3.4.1] Исследования показывают увеличение зимних и уменьшение летних потоков в Рейне (Middelkoop and Kwadijk, 2001), реках Словакии (Szolgay et al., 2004), Волге и в центральной и восточной частях Европы (Oltchev et al., 2002). По проекции, отступание ледников на ранней стадии увеличит летний сток в реках в Альпах. Однако когда ледники отступят, летний сток, по проекции, сократится (Hock et al., 2005) до 50% (Zierl and Bugmann, 2005). Прогнозируется уменьшениея летнего меженного стока до 50% в Центральной Европе (Eckhardt and Ulbrich, 2003) и до 80% в некоторых реках в южной части Европы (Santos et al., 2002). [РГII, 12.4.1]

Регионами, наиболее подверженными повышенному риску засухи, являются Средиземноморье и некоторые части Центральной и Восточной Европы, где предполагается самое высокое повышение спроса на воду для орошения (Döll, 2002; Donevska and Dodeva, 2004). Это требует развития планирования для устойчивого землепользования. Потребности в орошении, *вероятно*, станут значительными в тех странах (например, в Ирландии), где сейчас оно почти не существует (Holden et al., 2003). *Вероятно*, что в результате как изменения климата, так и роста водозаборов, площадь, затронутая сильным водным стрессом (водозабор/обеспеченность более 40%), увеличится и приведет к росту конкуренции за доступные водные ресурсы (Alcamo et al., 2003b; Schröter et al., 2005). [РГII, 12.4.1]

Будущий риск паводков и засух (см. табл. 5.4). Проецируется, что риск паводков увеличится на всем

Табл. 5.4: *Воздействие изменения климата на повторяемость засух и паводков в Европе для разных временных интервалов и в соответствии с различными сценариями, основанными на моделях ECHAM4 и HadCM3. [РГII, табл. 12.2]*

Временной интервал	Водообеспеченность и засухи	Паводки
2020-е гг.	Увеличение годового стока в Северной Европе на 15% и уменьшение на Юге на 23%[a] Уменьшение летнего потока[d]	Увеличение риска зимнего паводка в Северной Европе и бурных паводков во всей Европе Риск сдвига паводков, вызванных снеготаянием, с весны на зиму[c]
2050-е гг.	Уменьшение годового стока на 20-30% в Юго-Восточной Европе[b]	
2070-е гг.	Увеличение годового стока на Севере на 30% и уменьшение на 36% на Юге[a] Уменьшение летнего меженного стока на 80% [b, d] Уменьшение риска засух в Сев. Европе при повышении риска засух в Зап. и Юж. Европе. Прогнозируется, что к 2070-гг. сегодняшние засухи, возможные раз в 100 лет, будут повторяться в среднем каждые 10 (или меньше) лет в некоторых частях Испании и Португалии, западной части Франции, в бассейне Вислы в Польше и западной части Турции[c]	По проекции, сегодняшние паводки, возможные раз в 100 лет, будут повторяться более часто в Северной и Северо-Восточной Европе (Швеция, Финляндия, север России), в Ирландии, Центральной и Восточной Европе (Польша, Альпийские реки), в некоторых странах Атлантического побережья Юж. Европы (Испания, Португалия); менее часто в крупных районах Юж. Европы[c]

[a] Alcamo et al., 2007; [b] Arnell, 2004, [c] Lehner et al., 2006, [d] Santos et al., 2002.

континенте. Регионами, наиболее подверженными увеличению частоты паводков, являются Восточная Европа, затем Северная Европа, Атлантическое побережье и Центральная Европа, в то время как проекции для Южной и Юго-Восточной Европы показывают значительное увеличение частоты засух. В некоторых регионах проецируется одновременное увеличение рисков паводков и засух. [РГII, табл. 12.4]

В работах Кристенсена и Кристенсена, Джиорджи и др., Кьельстема и Кунджевича и др. (Christensen and Christensen (2003), Giorgi et al. (2004), Kjellstrom (2004) and Kundzewicz et al. (2006)) выявлен значительный рост интенсивности случаев выпадения суточных осадков. Это особенно касается районов с уменьшением средних осадков, таких, как Центральная Европа и Средиземноморье. Воздействие этого изменения на Средиземноморский регион летом остается неясным из-за сильной конвективной составляющей дождевых осадков и их большой межгодовой пространственной изменчивости (Llasat, 2001). [РГII, 12.3.1.2]

Суммарные эффекты высокой температуры и уменьшения средних летних осадков повысят повторяемость волн тепла и засух. Шар и др. (Schar et al. (2004)) делают вывод, что будущий европейский летний климат будет характеризоваться ярко выраженнымусилением изменчивости от года к году и, следовательно, числа случаев волн тепла и засух. В Средиземноморье и даже на большей части Восточной Европы может увеличиться продолжительность сухих периодов к концу XXI века (Polemio and Casarano, 2004). Согласно исследованию Гуда и др. (Good et al. (2006)), самая большая годовая продолжительность сухого периода возрастет почти на 50%, особенно во Франции и Центральной Европе. Однако последние данные (Lenderink et al., 2007) свидетельствуют, что некоторые из этих проекций для засух и волн тепла могут быть слегка преувеличены из-за параметризации почвенной влаги в региональных климатических моделях. Уменьшение количества летних осадков в Южной Европе, сопровождаемое повышением температуры, увеличивая спрос на воду за счет потерь на испарение, неизбежно приведет к уменьшению почвенной влаги летом (см. также Douville et al., 2002) и более частым и интенсивным засухам. [РГII, 3.4.3, 12.3.1]

Исследования показывают уменьшение максимальных паводков, вызванных снеготаянием к 2080-м гг. в некоторых районах СК (Kay et al., 2006b), но воздействие изменения климата на паводковый режим может быть как положительным, так и отрицательным, выдвигая на первый план неопределенность, которая все еще остается в отношении воздействий изменения климата (Reynard et al., 2004). Пальмером и Раисаненом (Palmer and Raisanen (2002)) был выполнен анализ различий в моделировании зимних осадков между контрольным прогоном модели и ансамблем с переходным увеличением CO_2 и рассчитано приблизительное время удвоения CO_2. Для Европы было выявлено значительное увеличение риска очень влажной зимы. Было установлено, что вероятность того, что сумма осадков бореальной зимы превысит два стандартных отклонения от нормы, значительно возрастет (даже от пяти до семи раз) над большими районами Европы, с *вероятными* последствиями для опасного зимнего паводка. [РГII, 3.4.3]

5.4.3.2 Энергия

Гидроэнергия является ключевым источником возобновляемой энергии в Европе (19,8% вырабатываемой электроэнергии). К 2070-м гг. ожидается уменьшение потенциала гидроэнергии для всей Европы на 6%, что означает уменьшение на 20-50% в странах Средиземноморья и увеличение на 15-30% в Северной и Восточной Европе, и устойчивую схему снабжения гидроэнергией для Западной и Центральной Европы (Lehner et al., 2005). Производство биотоплива в значительной степени определяется запасом влаги и продолжительностью вегетационного периода (Olesen and Bindi, 2002). [РГII, 12.4.8.1]

5.4.3.3 Здоровье

Изменение климата также, *вероятно*, окажет воздействие на качество и количество воды в Европе, и соответственно возникает риск загрязнения систем коммунального и частного водоснабжения (Miettinen et al., 2001; Hunter, 2003; Elpiner, 2004; Kovats and Tirado, 2006). Как экстремальное количество осадков, так и засухи могут увеличить общую микробную нагрузку в пресной воде, что приведет к вспышкам болезней и мониторингу качества воды (Howe et al., 2002; Kistemann et al., 2002; Opopol et al. 2003; Knight et al., 2004; Schijven and de Roda Husman, 2005). [РГII, 12.4.11]

5.4.3.4 Сельское хозяйство

Предполагается, что прогнозируемое увеличение экстремальных явлений погоды (например, продолжительность высокой температуры и засух) (Meehl and Tebaldi, 2004; Schär et al., 2004; Beniston et al., 2007) повысит изменчивость урожайности (Jones et al., 2003b) и понизит среднюю урожайность (Trnka et al., 2004). В частности в Европейско-Средиземноморском регионе увеличение частоты экстремальных климатических явлений во время определенных стадий развития культуры (например, тепловой стресс в период цветения, дождливые дни на даты сева) вместе с более высокой интенсивностью дождевых осадков и более продолжительными сухими периодами, *вероятно*, сократит урожайность летних культур (например, подсолнечника). [РГII, 12.4.7.1]

5.4.3.5 Биоразнообразие

По проекции, многие системы, такие, как районы вечной мерзлоты в Арктике, и эфемерные(недолговечные) водные экосистемы в Средиземноморье, исчезнут. [РГII, 12.4.3]

Исчезновение вечной мерзлоты в Арктике (ACIA, 2004), вероятно, вызовет сокращение некоторых типов водно-болотных угодий в зоне современной вечной мерзлоты (Ivanov and Maximov, 2003). Последствием потепления может быть более высокий риск цветения воды вследствие размножения водорослей и усиленного роста токсичных цианобактерий в озерах (Moss et al., 2003; Straile et al., 2003; Briers et al., 2004; Eisenreich, 2005). Увеличение осадков и уменьшение морозов могут повысить потерю питательных веществ из обрабатываемых полей и привести к более высокой биогенной нагрузке (Bouraoui et al., 2004; Kaste et al., 2004; Eisenreich, 2005) и интенсивной эвтрофикации озер и водно-болотных угодий (Jeppesen et al., 2003). Более высокие температуры также уменьшат уровни насыщения кислородом и повысят опасность кислородного обеднения (Sand-Jensen and Pedersen, 2005). [РГII, 12.4.5]

Более высокие температуры, *вероятно*, приведут к увеличению видового разнообразия в пресноводных экосистемах в Северной Европе и его уменьшению в некоторых частях Юго-Западной Европы (Gutierrez Teira, 2003). [РГII, 12.4.6]

5.4.4 Адаптация и уязвимость

Изменение климата приведет к двум основным проблемам управления водными ресурсами в Европе: повышению водного стресса, в основном в Юго-Восточной Европе, и увеличению риска паводков в большей части континента. Варианты адаптации для преодоления этих проблем хорошо отражены в документах (МГЭИК, 2001b). Водохранилища и дамбы, *вероятно*, останутся основными сторoительными мерами для защиты от наводнений соответственно в гористых и низменных районах (Hooijer et al., 2004). Однако более популярными становятся другие меры плановой адаптации, такие, как расширение пойменных районов (Helms et al., 2002), водохранилища для регулирования паводков в чрезвычайных ситуациях (Somlyody, 2002), заповедные зоны для паводковой воды (Silander et al., 2006) и системы прогнозирования паводков и предупреждений, особенно в отношении бурных паводков. Водохранилища многоцелевого назначения служат в качестве меры адаптации и для паводков, и для засух. [РГII, 12.5.1]

Для адаптации к усилению водного стресса наиболее обычными и плановыми стратегиями остаются меры, ориентированные на предложения, такие, как регулирование рек для создания водохранилищ в русле (Santos et al., 2002; Iglesias et al., 2005). Тем не менее, строительство новых водохранилищ все больше ограничивается в Европе правилами охраны окружающей среды (Barreira, 2004) и высокими инвестиционными затратами (Schroter et al., 2005). Другие подходы, ориентированные на водоснабжение, такие, как повторное использование сточных вод и опреснение, рассматриваются в более широком плане, но их популярность сдерживается, соответственно, соображениями здоровья при использовании сточных вод (Geres, 2004) и высокими затратами на энергию для опреснения (Iglesias et al., 2005). Осуществимыми являются также некоторые плановые стратегии, ориентированные на спрос (AEMA, 2002), такие, как сохранение воды при бытовом, промышленном и сельскохозяйственном использовании за счет сокращения муниципальных и оросительных систем, допускающих утечку (Donevska and Dodeva, 2004; Geres, 2004), и установления цен на воду (Iglesias et al., 2005). Спрос на воду для орошения может быть уменьшен путем внедрения культур, которые более пригодны для изменяющегося климата. Примером единого европейского подхода к адаптации к водному стрессу является включение стратегий по адаптации к изменению климата в планы комплексного управления водными ресурсами на региональном уровне и на уровне водоразделов (Kabat et al., 2002; Cosgrove et al., 2004; Kashyap, 2004), тогда как национальные стратегии разрабатываются в соответствии с имеющимися управленческими структурам (Donevska and Dodeva, 2004). [РГII, 12.5.1]

Процедуры адаптации и практическая деятельность по управлению в условиях риска для водного сектора разрабатываются в некоторых странах и регионах (например, Нидерланды, СК и Гѐрмания), которые признают неопределенность проекций гидрологических изменений. [РГII, 3.P, 3.2, 3.6]

5.5 Латинская Америка

5.5.1 Контекст

Продолжается рост населения, последствием которого является увеличение потребностей в продовольствии. Так как

экономика большинства латиноамериканских стран зависит от продуктивности сельского хозяйства, региональные изменения урожайности культур являются чрезвычайно насущной проблемой. Латинская Америка имеет большое разнообразие климатических условий в результате своей географической конфигурации. Регион также имеет большие засушливые и полузасушливые площади. Климатический спектр меняется от холодных ледяных высокогорий до умеренного и тропического климата. За последние десятилетия ледники в целом отступили, а некоторые очень небольшие ледники уже исчезли.

Реки Амазонка, Парана-Плата и Ориноко вместе несут в Атлантический океан более 30% возобновляемых ресурсов пресной воды мира. Тем не менее распределение этих ресурсов неравномерно, а водообеспеченность обширных зон весьма ограничена (Mata et al., 2001). Там где количество осадков небольшое или имеют место высокие температуры, наблюдается стресс, вызванный проблемой обеспеченности водой и ее качества. Засухи, которые статистически связаны с событиями ЭНСО, приводят к жестким ограничениям на водные ресурсы во многих регионах Латинской Америки.

5.5.2 Наблюдаемые изменения

5.5.2.1 Вода

За последние три десятилетия Латинская Америка подверглась воздействиям, связанным с изменением климата, некоторые из которых были вызваны явлениями ЭНСО.

- Усиление таких экстремальных явлений климата, как паводки, засухи и оползни (например, сильные осадки в Венесуэле (1999г. и 2005г.); наводнение в Аргентинских Пампасах (2000 г. и 2002 г.), амазонская засуха (2005 г.), разрушительные шквалы с градом в Боливии (2002 г.) и в Буэнос-Айресе (2006 г.), циклон Катрина в Южной Атлантике (2004 г.) и рекордный сезон ураганов 2005 г. в Карибском регионе). Частота стихийных бедствий, связанных с климатом, возросла в 2,4 раза между периодами 1970-1999 гг. и 2000-2005 гг., продолжая тренд, наблюдаемый в 1990-е гг. Только 19% событий между 2000 и 2005 гг. были оценены количественно в плане экономического ущерба, составившего почти 20 млрд долл. США (Nagy et al., 2006). [РГII, 13.2.2]
- Стресс, вызванный водообеспеченностью: засухи, связанные с Ла-Нинья, привели к жестким ограничениям потребностец в водоснабжении и орошении в центральных районах западной Аргентины и в центральных районах Чили. Засухи, связанные с Эль-Ниньо, уменьшили поток реки Каука в Колумбии. [РГII, 13.2.2]
- Увеличение осадков наблюдалось в Южной Бразилии, Парагвае, Уругвае, на северо-востоке Аргентины (пампасы) и в некоторых частях Боливии, на северо-западе Перу, в Эквадоре и на северо-западе Мексики. Рост осадков вызвал повышение на 10% частоты паводков на реке Амазонке в Обидосе; увеличение на 50%-е руслового стока в реках Уругвая, Параны и Парагвая; и усиление наводнений в бассейне Маморе в боливийской Амазонии. Рост явлений интенсивных дождевых осадков и последующих сухих дней также наблюдался в регионе. Наоборот, тренд уменьшения осадков наблюдался в Чили, на юго-западе Аргентины, на северо-востоке Бразилии, в южных районах Перу и западных районах Центральной Америки (например, в Никарагуа). [РГII, 13.2.4.1]
- Скорость повышения уровня моря на 2-3 мм/г за последние 10-20 лет на юго-востоке Южной Америки. [РГII, 13.2.4.1]
- Площадь ледников в тропических Андах Боливии, Перу, Эквадоре и Колумбии сократилась на величины, подобные глобальным изменениям с конца Малого ледникового периода (см. рис. 5.9). Самые незначительные ледники подверглись наибольшим изменениям (см. вставку 5.5). Причины этих изменений отличаются от причин в средних и высоких широтах, так как они связаны со сложными и изменяющимися в пространстве различными сочетаниями высоких температур и изменений влагосодержания в атмосфере. [РГI, 4.5.3]

Дальнейшая информация о наблюдавшихся трендах в гидрологических переменных представлена в табл. 5.5 и на рис. 5.8.

5.5.2.2 Энергия

Гидроэнергия является основным источником электроэнергии в большинстве стран Латинской Америки. Она уязвима для крупномасштабных продолжительных аномалий осадков, вызванных Эль-Ниньо и Ла-Нинья, как это наблюдалось в Аргентине, Колумбии, Бразилии, Чили, Перу, Уругвае и Венесуэле. Сочетание возросшей потребности в энергии и засух вызвало фактический сбой в гидроэнергетической системе в большинстве районов Бразилии в 2001 г. и способствовало сокращению ВВП (Kane, 2002). Отступание ледников также оказывает влияние на выработку гидроэнергии, как наблюдалось в городах Ла-Пас и Лима. [РГII, 13.2.2, 13.2.4]

5.5.2.3 Здоровье

Существует связь между экстремальными явлениями, вызванными изменением климата, и здоровьем в Латинской Америке. Засухи благоприятствуют эпидемиям в Колумбии и Гайане, тогда как паводки порождают эпидемии в сухом прибрежном районе Перу (Gagnon et al., 2002). Ежегодные изменения в тропической лихорадке/геморрагической лихорадке денге в Гондурасе и Никарагуа по-видимому связаны с вызванными климатом колебаниями концентрации переносчиков инфекции (температура, влажность, солнечная радиация и количество дождевых осадков) (Patz et al., 2005). Наводнение приводило к вспышкам лептоспироза в Бразилии, особенно в густонаселенных районах без соответствующего дренажа (Ko et al., 1999; Kupek et al., 2000). Распространение шистосомоза вероятно связано с климатическими факторами. В отношении заболеваний, переносимых грызунами, имеются достоверные данные, что некоторое увеличение повторяемости наблюдается во время/после сильных дождевых осадков и наводнений из-за измененного характера контакта человек – патогенный организм - грызун. В некоторых прибрежных районах Мексиканского залива повышение температуры

Табл. 5.5: *Некоторые последние тренды в гидрологических переменных. [РГII, табл. 13.1, табл. 13.2, табл. 13.3]*

Текущие тенденции в выпадении осадков (РГII, табл. 13.2)		
Осадки (изменение дано в %, если не указано иное)	**Период**	**Изменение**
Амазония - северные/южные районы (Marengo, 2004)	1949-1999 гг.	-11 до-17/-23 до +18
Боливийская Амазония (Ronchail et al., 2005)	С 1970 г.	+15
Аргентина – центр и северо-восток (Penalba and Vargas, 2004)	1900-2000 гг.	СО+1 до СО +2
Уругвай (Bidegain et al., 2005)	1961–2002 гг.	+ 20
Чили – центральные районы (Camilloni, 2005)	Последние 50 лет	-50
Колумбия (Pabon, 2003)	1961-1990 гг.	-4 до +6
Отдельные гидрологические экстремальные явления и их воздействия, 2004-2006 гг. (РГII, табл. 13.1)		
Сильные дожди Сентябрь 2005 г.	Колумбия: 70 погибших, 86 раненых, 6 пропавших без вести и 140 000 жертв паводка (НУОА, 2005 г.).	
Сильные дожди Февраль 2005 г.	Венесуэла: сильные осадки (в основном на центральном побережье и в Андах), сильные паводки и оползни. Ущерб в 52 млн долл. США; 63 погибших и 175 000 раненых (UCV, 2005; DNPC, 2005/2006).	
Засухи 2004-2006 гг.	Аргентина - Чако: ущерб, оцениваемый в 360 млн долл. США; потеря 120 000 голов скота, 10 000 жителей, эвакуированных в 2004 г. (SRA, 2005 г.). Также в Боливии и Парагвае: 2004/05 г. Бразилия - Амазония: суровая засуха затронула центральную и юго-западную Амазонию, вероятно связана с теплыми температурами поверхности моря в тропических районах Северной Атлантики (http://www.cptec.inpe.br/). Бразилия – Рио-Гранде до Сул: сокращение на 65% и 56% производства соевых бобов и маиса (http://www.ibge.gov.br/home/ На анл.яз.: http://www.ibge.gov.br/english/).	
Тенденции отступания ледников (РГII, табл. 13.3)		
Ледники/Период	*Изменения/Воздействия*	
Перу[a,b] последние 35 лет	Сокращение на 22% общей площади ледников (см. также рис. 5.9); уменьшение на 12% объема пресной воды в прибрежной зоне (где проживает 60% населения страны). Оцениваемая потеря воды - почти 7 000 x 10^6 $м^3$.	
Перус последние 30 лет	Сокращение до 80% ледниковой поверхности очень небольших ледников; потеря 188 x 10^6 $м^3$ запасов воды за последние 50 лет.	
Колумбия[d] 1990-2000 гг.	Сокращение на 82% ледников; согласно текущим климатическим тенденциям, ожидается, что ледники Колумбии полностью исчезнут в последующие 100 лет.	
Эквадоре[e] 1956-1998 гг.	Наблюдается постепенное уменьшение длины ледников; сокращение водоснабжения для орошения, снабжения чистой водой города Кито.	
Боливия[f] с середины 1990-х гг.	Проекция сокращения ледников в Боливии показывает неблагоприятные последствия для водоснабжения и выработки гидроэлектроэнергии для города Ла-Пас. Также см. вставку 5.5	

[a] Vásquez, 2004; [b] Mark and Seltzer, 2003; [c] NC-Perú, 2001; [d] NC-Colombia, 2001; [e] NC-Ecuador, 2000; [f] Francou et al., 2003.

поверхности моря и осадков было связано с увеличением трансмиссивных циклов лихорадки денге (Hurtado-Diaz et al., 2006). [РГII, 13.2.2, 8.2.8.3]

5.5.2.4 Сельское хозяйство

В результате интенсивных осадков и высокой влажности, вызванных Эль-Ниньо, в Перу наблюдался ряд грибковых заболеваний маиса, картофеля, пшеницы и бобов. О некоторых положительных воздействиях сообщалось для региона аргентинских пампасов, где увеличение осадков привело к повышению урожая культур - до 38% соевых бобов, 18% маиса, 13% пшеницы и 12% подсолнечника. Подобным образом, продуктивность пастбищ выросла на 7% в Аргентине и Уругвае [РГII, 13.2.2, 13.2.4]

5.5.2.5 Биоразнообразие

Имеется мало исследований с оценкойвоздействий изменения климата на биоразнообразие, и во всех этих исследованиях трудно различать воздействия, вызванные изменением климата, и воздействия, вызванные другими факторами. Тропические леса Латинской Америки, особенно Амазонии, все более подвержены возникновению пожаров из-за усиления засух, связанных с Эль-Ниньо, и изменению в землепользовании (обезлесение, выборочные рубки и фрагментация леса) [РГII, 13.2.2]

В отношении биоразнобразия было обнаружено, что годы низкого количества осадков оказывают воздействие на последующие популяции жаб и лягушек в горных лесах. В Центральной и Южной Америке, была обнаружена

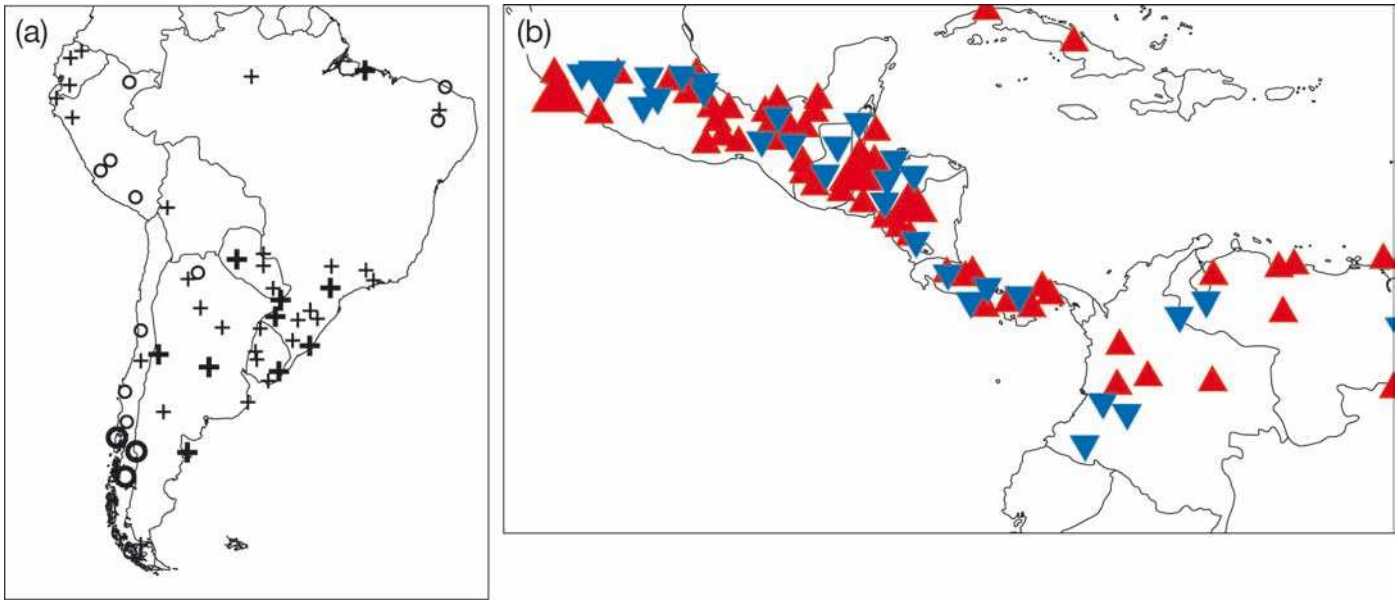


Рис. 5.8: *Тренды в годовом количестве осадков в (a) Южной Америке (1960-2000 гг.). Увеличение показано знаком плюс, а уменьшение - кружком; величины, выделенные жирным шрифтом, показывают уровень значимости при P < 0,05 (воспроизводится из Haylock et al. (2006) с разрешения Американского метеорологического общества);; (b) Центральная Америка и северные районы Южной Америки (1961-2003). Большие красные треугольники – это положительные значимые тренды, маленькие красные треугольники - положительные незначимые тренды, большие голубые треугольники - отрицательные значимые тенденции, и маленькие большие голубые треугольники - отрицательные незначимые тренды (воспроизводится из Aguilar et al. (2005) с разрешения Американского геофизического союза. [РГII, рис. 13.1]*

связь между высокими температурами и вымиранием лягушек, вызванным болезнью кожи *(Batrachochytrium dendrobatidis)*. Одно исследование, где рассматривались данные за период 1977-2001 гг., показало, что коралловый покров рифов в Карибском море уменьшился в среднем на 17% на следующий год после урагана, при этом никаких свидетельств восстановления не наблюдалось по меньшей мере в течение восьми лет после воздействия. [РГII, 13.2.2]

5.5.3 Проекции изменений

5.5.3.1 Вода и климат

При средней степени достоверности проекция среднего потепления для Латинской Америки на 2100 г., в соответствии с различными климатическими моделями, меняется от 1°C до 4°C для сценария выбросов B2 и от 2°C до 6°C для сценария A2. Большинство проекций ГКМ указывают на крупные (положительные или отрицательные) аномалии количества осадков для тропического региона и небольшие аномалии для внетропической части Южной Америки. Кроме того, прогнозируется, что экстремально сухие сезоны станут более частыми в Центральной Америке (для всех сезонов). Кроме этих результатов имеется относительно небольшая согласованность между моделями по изменениям частоты экстремальных сезонов в плане осадков. В отношении суточных экстремальных осадков в одном исследовании высказывается предположение на основании двух МОЦАО об увеличении числа дней с дождем в некоторых частях юго-востока Южной Америки и центральной Амазонии, и более слабых суточных экстремальных осадков над побережьем Северо-Восточной Бразилии. [РГI, табл. 11.1, 11.6; РГII, 13.P, 13.3.1]

Количество людей, живущих на территории водоразделов, уже подверженных водному стрессу (т.е., имеющих запасы менее 1 000 м^3/чел/г) при отсутствии изменения климата, оценивается в 22,2 млн (в 1995 г.). В соответствии со сценариями СДСВ оценивается, что это количество будет расти и составит от 12 до 81 млн в 2020-х гг. и от 79 до 178 млн. в 2050-х гг. (Arnell, 2004). Эти оценки не учитывают число людей, покидающих районы, подверженные водному стрессу, как показано в табл. 5.6. Наблюдаемая в настоящее время уязвимость во многих регионах латиноамериканских стран, увеличится за счет объединенного отрицательного эффекта растущего спроса, вызванного темпами прироста населения, на водоснабжение и орошение, и ожидаемых более засушливых условий во многих бассейнах. Тем не менее, даже принимая во внимание количество людей, испытывающих меньший водный стресс, число людей, которые начинают его испытывать, будет характеризоваться чистым увеличением [РГII, 13.4.3]

5.5.3.2 Энергия

По проекциям, ожидаемое отступание ледников окажет воздействие на выработку гидроэлектроэнергии в таких странах, как Колумбия и Перу (UNMSM, 2004). Некоторые из небольших тропических ледников уже исчезли, а остальные, вероятно, исчезнут в последующие несколько десятилетий. При этом потенциальные воздействия повлияют на выработку гидроэлектроэнергии (Ramirez et al., 2001). [РГI, 4.5.3; РГII, 13.2.4]

5.5.3.3 Здоровье

Примерно 262 млн человек, представляющих 31% населения Латинской Америки, живут в районах, подверженных риску малярии (т.е., тропических и

Вставка 5.5: Изменения ледников в Южной Америке. [РГII, вставка 1.1]

В тропических районах Анд наблюдается общее сокращение ледников, и, как и на других горных хребтах, самые маленькие ледники испытывают более сильное воздействие [РГI, 4.5.3], при этом многие из них уже исчезли за последний век. Что касается крупных, покрытых ледниками горных массивов, таких, как Кордильера-Бланка в Перу и Кордильера-Реал в Боливии, то суммарная площадь ледников сократилась примерно на одну треть по сравнению с их размером во время Малого ледникового периода (рис. 5.9).

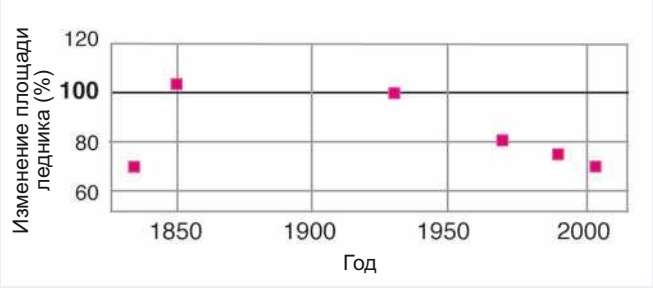


Рис. 5.9: *Площадь (%) общей поверхности ледников тропических гор Кордильера-Бланка, Перу, по сравнению с их протяженностью около 1925г. (=100) (Georges, 2004). Площадь ледника в Кордильера-Бланка в 1990 г. составляла 620 км². [Воспроизводится из РГI, рис. 4.16]*

Ледник Чакалтая в Боливии (16° ю. ш.) является типичным примером разрушающегося и наиболее вероятно исчезающего небольшого ледника. Его площадь в 1940 г. была 0,22 км², а в настоящее время (в 2005 г.) она сократилась до менее 0,01 км² (рис. 5.10) (Ramirez et al., 2001; Francou et al., 2003; Berger et al., 2005). За период с 1992 . по 2005 гг. ледник потерял 90% площади своей поверхности и 97% своего объема льда (Berger et al., 2005). Линейная экстраполяция этих наблюдавшихся величин показывает, что он может полностью исчезнуть до 2010 г. (Coudrain et al., 2005). Хотя в тропиках баланс массы ледников чувствителен к изменениям осадков и влажности [РГI, 4.5.3], сокращение Чакалтая согласуется с поднятием изотермы 0°C примерно на 50 м/десятилетие в тропических Андах, начиная с 1980-х гг. (Vuille et al., 2003).

При средней высоте 5 260 м над уровнем моря ледник представлял собой самую высокогорную лыжную станцию в мире несколько лет назад. Продолжающееся сокращение ледника в 1990-е гг. привело к его почти полному исчезновению, и в результате Боливия потеряла свой единственный лыжный курорт (рис. 5.10).

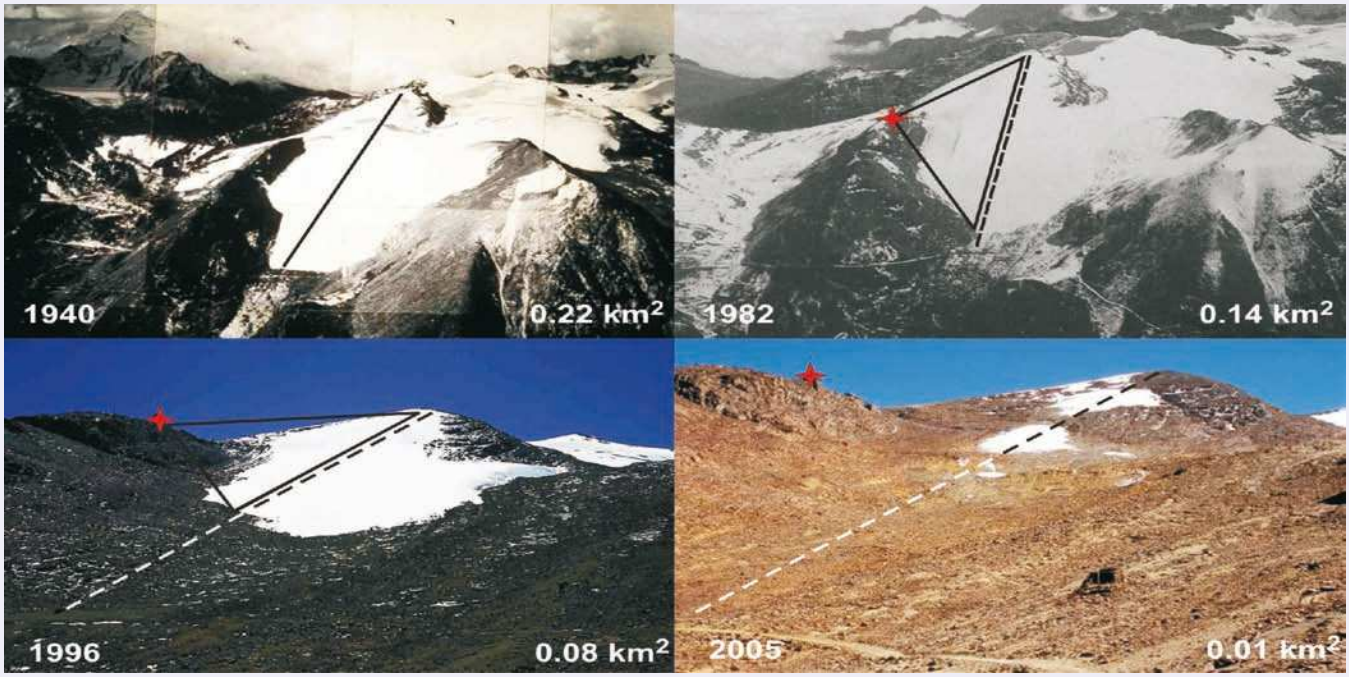


Рис.5.10: *Площадь ледника Чакалтая, Боливия, с 1940 по 2005 гг. К 2005 г. ледник разделился на три отчетливые небольшие части. Положение лыжной базы, которая не существовала в 1940 г., обозначено красным крестом. Лыжный подъемник имел длину около 800 м в 1940 г. и около 600 м в 1996 г. (показано сплошной линией в 1940 г. и ломаной линией на всех других вставках), и обычно устанавливался во время сезона дождей. После 2004 г. катание на лыжах было больше невозможно. Фото: Francou and Vincent (2006) and Jordan (1991). [РГII, рис. 1.1]*

Табл. 5.6: *Увеличение числа людей, живущих на территории водоразделов, испытывающих водный стресс, в Латинской Америке (в млн) на основе ГКМ HadCMS (Arnell, 2004). [РГII, табл. 13.6]*

Сценарий и ГКМ	1995г.	2025 г.		2055 г.	
		Без изменения климата	С изменением климата	Без изменения климата	С изменением климата
A1	22,2	35,7	21,0	54,0	60,0
A2	22,2	55,9	37,0–66,0	149,3	60,0–150,0
B1	22,2	35,7	22,0	54,0	74,0
B2	22,2	47,3	7,0–77,0	59,4	62,0

субтропических регионах) (ПОЗ, 2003 г.). На основе сценариев выбросов СДСВ и социально-экономических сценариев некоторые проекции показывают уменьшение продолжительности сезона передачи малярии во многих районах, где предполагается уменьшение осадков, таких, как Амазонка и Центральная Америка. Их результаты показывают дополнительное количество людей, подверженных риску, в районах вокруг южного предела распространения этой болезни в Южной Америке (van Lieshout et al., 2004). В Никарагуа и Боливии прогнозируется возможное увеличение заболеваемости малярией в 2010 г., при этом сообщается о сезонных колебаниях (Aparicio, 2000; NC-Nicaragua, 2001). Распространение малярии и рост населения, подверженного риску, может оказать воздействие на стоимость услуг здравоохранения, включая плату за лечение и социальное обеспечение. [РГII, 13.4.5]

Другие модели прогнозируют значительное увеличение количества людей, подвергнутых риску тропической лихорадки денге вследствие изменений географических пределов передачи этой болезни в Мексике, Бразилии, Перу и Эквадоре (Hales et al., 2002). Некоторые модели дают проекцию изменений пространственного распределения (дисперсии) переносчика кожного *лейшманиоза* в Перу, Бразилии, Парагвае, Уругвае, Аргентине и Боливии (Aparicio, 2000; Peterson and Shaw, 2003), а также месячного распространения переносчика лихорадки денге (Peterson et al., 2005). [РГII, 13.4.5]

5.5.3.4 Сельское хозяйство

Некоторые исследования, использующие имитационные модели культур в условиях изменения климата для товарных культур, были выполнены для региона Латинской Америки. Количество людей, находящихся под угрозой голода в соответствии со сценарием выбросов А2 СДСВ, увеличится по проекции на 1 млн в 2020 г. в то время как для 2050 г. изменений не будет, и это количество уменьшится на 4 млн в 2080 г. [РГII, табл. 13.5, 13.4.2]

5.5.3.5 Биоразнобразие

В результате сложной совокупности изменений, включающих изменение осадков и стока в восточной Амазонии и тропических лесах центральной и южной частей Мексики, ожидается, что саванны заменят тропические леса, а растительность полузасушливой зоны сменится растительностью засушливой зоны в некоторых северо-восточных районах Бразилии и на большей территории центральной и северной частей Мексики вследствие общего воздействия изменений как в землепользовании, так и изменений климата. К 2050-м гг. 50% сельскохозяйственных земель, *весьма вероятно*, подвергнутся опустыниванию и засолению в некоторых районах. [РГII, 13.P, 13.4.1, 13.4.2]

5.5.4 Адаптация и уязвимость

5.5.4.1 Адаптация в прошлом и в настоящее время

Отсутствие должных стратегий адаптации с тем, чтобы справиться с опасностями и рисками паводков и засух в латиноамериканских странах, вызвано низким валовым национальным продуктом (ВНП), увеличением населения, поселяющегося в уязвимых районах (подверженных наводнениям, оползням и засухе), и отсутствием соответствующих политических, организационных и технологических структур (Solanes and Jouravlev, 2006). Тем не менее некоторые сообщества и города самоорганизовались, принимая активное участие в предотвращении последствий стихийных бедствий (Fay et al., 2003b). Многим малоимущим жителям рекомендуется переселяться из районов, подверженных наводнениям в более безопасные места. С помощью займов банков МБРР и МБР были построены новые дома, например переселения в бассейне реки Параны в Аргентине после наводнения 1992 г. (МБРР, 2000 г.). В некоторых случаях изменение условий окружающей среды, затрагивающее обычную экономику пампасов, приводило к внедрению новых видов производственной деятельности на базе аквакультуры с использованием таких естественных региональных видов рыб, как корюшка *{Odontesthes bonariensis)* (La Nation, 2002). Другим примером, связанным в этом случае со способностью людей адаптироваться к водным стрессам, являются программы «самоорганизации» для улучшения систем водоснабжения в очень бедных общинах. Организация «Деловое партнерство групп по вопросам развития водоснабжения и санитарии» работает по четырем «ключевым» планам в Латинской Америке: Картахена (Колумбия), Ла-Пас и Эль-Альто (Боливия), и некоторые бедных районов Большого Буэнос-Айреса (Аргентина) (The Water Page, 2001; Water 21, 2002). Системы сбора и хранения дождевой воды являются важными характеристиками устойчивого развития в полузасушливых тропиках. В частности, имеется совместный проект, разработанный в Бразилии неправительственной организацией «Network Articulação no Semi-Árido (ACA)», названный П1МР - проект одного миллиона резервуаров, которые будут установлены гражданским обществом децентрализованным образом. План состоит в снабжении питьевой водой одного миллиона сельских хозяйств в районах постоянной засухи бразильских полузасушливых тропиков (БПЗТ). Во время первой стадии 12 400 резервуаров были построены АСА и Министерством по окружающей среде Бразилии, и создание еще 21 000 резервуаров было запланировано на конец 2004 г. (Gnadlinger, 2003). В Аргентине в рамках национальных программ по безопасной воде для местных общин в засушливых регионах провинции Сантьяго-дель-Эстеро было установлено десять систем по сбору и хранению дождевой воды в период между 2000. и 2002 гг. (Basán Nickisch, 2002). [РГII, 13.2.5]

Вставка 5.6: Адаптационный потенциал доколумбовых общин Южноамериканских нагорий. [РГII, вставка 13.2]

Источник существования коренных цивилизаций в обеих Америках зависел от ресурсов, выращиваемых в преобладающих климатических условиях вокруг их поселений. В высокогорных районах сегодняшней Латинской Америки одним из наиболее важных ограничений, затрагивающих развитие, было и есть неравномерное распределение водных ресурсов. Эта ситуация является результатом особенностей атмосферных процессов и экстремальных явлений, быстрого стока в глубоких долинах и изменяющихся почвенных условий. Таяние ледников являлось, и все еще является, надежным источником воды во время сухих сезонов. Однако реки текут в долины в границах водотоков, принося воду только в определенные места. Так как количество дождевых осадков имеет значительный сезонный характер, сток с ледников представляет основной зависимый источник воды во время сухого сезона. Поэтому доколумбовые сообщества разработали различные адаптивные действия для удовлетворения своих потребностей. Сегодня, проблема достижения необходимого равновесия между обеспечением водой и спросом практически такая же, хотя ее масштаб может быть другим.

В условиях таких ограничений, в границах от сегодняшней Мексики до северных районов Чили и Аргентины, доколумбовые цивилизации создали необходимый потенциал для адаптации к локальным условиям окружающей среды. Такой потенциал включал их способность решать некоторые гидравлические проблемы и предвидеть изменения климата и периоды сезонных дождей. С инженерной точки зрения их разработки включали использование улавливаемой дождевой воды для сбора, фильтрации и хранения; и постройку наземных и подземных оросительных каналов, включая устройства для измерения количества хранимой воды (рис. 5.11) (Treacy, 1994; Wright and Valencia Zegarra, 2000; Caran and Nelly, 2006). Они могли также соединять речные бассейны от водоразделов Тихого и Атлантического океана, в долине Кумбе и г. Кахамарка (Burger, 1992).

Рис. 5.11: *Система сбора воды в Наска (южное побережье Перу) для подземных акведуков и подачи в слои грунтовых вод*

Были разработаны и другие возможности для предсказания изменения климата и периодов сезонных дождей, для организации графиков сева и планирования своих урожаев (Orlove et al., 2000). Эти усилия позволили существование сообществ, которые на пике цивилизации инков включали около 10 млн человек в регионе, который сегодня представляет собой регион Перу и Эквадора.

Их инженерные возможности также позволяли спрямлять течения рек, как в случае реки Урубамба, и строить мосты, висячие или с опорами, установленными на дне реки. Они также использовали проточную воду для досуга и культовых целей, как можно видеть сегодня в «Баньо дель Инка» (курорт с минеральными водами инков), питаемый из геотермальных источников, и на руинах музыкального сада в Тампумачай в окрестностях Куско (Cortazar, 1968). Священники культуры Чавин использовали проточную воду, текущую в трубах, просверленных в конструкции храмов для создания звука, похожего на рычание ягуара; ягуар был одним из их божеств (Burger, 1992). Вода также использовалась для выпиливания каменных блоков для строительства. Как можно видеть в Ольантайтамбо, по дороге в Мачу-Пикчу, эти камни выпиливались с правильной геометрической формой с помощью воды, просачивающейся в хитроумно проделанные щели и замерзающей в условиях ночи высокогорья Алтиплано при минусовых температурах. Они также научились прогнозировать такие колебания климата, как изменения, вызываемые Эль-Ниньо (Canziani and Mata, 2004), что позволило создать наиболее удобную и подходящую систему производства своего продовольствия. Вкратце, они были первопроходцами по развитию деятельности для адаптации к неблагоприятным местным условиям и определению устойчивых путей развития.

Сегодня, в условиях погодных и климатических превратностей, усугубляемых растущим парниковым эффектом и сокращением ледников (Carey, 2005; Bradley et al., 2006), было бы чрезвычайно полезно пересмотреть и обновить такие меры адаптации. Образование и обучение членов современного сообщества знаниям и техническим навыкам их предков станет одним из способов продвижения вперед. Процедуры ЭКЛАК для управления устойчивым развитием (Dourojeanni, 2000) при рассмотрении необходимости управления в экстремальных климатических условиях отсылают нас к доколумбовым стратегиям орошения.

5.5.4.2 *Адаптация: практики, варианты и ограничения*

Политика по управлению водными ресурсами в Латинской Америке должна быть соответственной и включаться в качестве центрального пункта в критерии адаптации. Это повысит способность региона улучшить свое управление обеспечением водой. Адаптация к более сухим условиям примерно на 60% территории Латинской Америки требует крупных инвестиций в системы водоснабжения. Управление межбассейновой переброской стока использовалось в качестве решения во многих районах (например, бассейн Якамбу в Венесуэле, бассейн Альта Пиура и Мантаро в Перу). Для периодов водного стресса рекомендованы практики сохранения воды, водооборота и оптимизации потребления воды (COHIFE, 2003) (см. вставку 5.6). [РГII, 13.5]

Проблемы образования и услуг здравоохранения представляют главные препятствия для адаптации; например, в случае экстремальных явлений (паводки или засухи), главным образом, в бедных сельскохозяйственных районах (Villagran de Leon et al., 2003). [РГII, 13.5]

5.6 Северная Америка

5.6.1 Контекст и наблюдаемое изменение

Изменение климата приведет к ограничению и так чрезмерно используемых водных ресурсов Северной Америки, усиливая, таким образом, конкуренцию по использованию в сельскохозяйственной, муниципальной промышленной и экологической области *(очень высокая степень достоверности)*. Некоторые из наиболее важных общественных и экологических воздействий изменения климата, которые предполагаются в этом регионе, происходят в результате изменений в гидрологии поверхностных и подземных вод. В табл. 5.7 описаны изменения, наблюдавшиеся в Северной Америке в прошлом веке, которые иллюстрируют широкий диапазон эффектов потепления климата для водных ресурсов. [РГII, 14.P]

Ввиду ускорения темпов потепления в предстоящие десятилетия можно предвидеть изменения в сроках, объеме, качестве и пространственном распределении пресной воды, имеющейся для населенных пунктов, сельского хозяйства и промышленных пользователей в большинстве регионов Северной Америки. В то время как некоторые из изменений в водных ресурсах, перечисленных выше, действительно наблюдаются в большей части Северной Америки, тренды XX века показывают высокую степень региональной изменчивости в воздействиях климата на сток, речной сток в русле и пополнение грунтовых вод. Изменения в достатке и географии также вносят вклад в неравномерное распределение *вероятных* воздействий, видов уязвимости и возможностей для адаптации как в Канаде, так и в США. [РГII, 14.P, 14.1]

5.6.2 Проекция изменений и последствия

5.6.2.1 *Пресноводные ресурсы*

Смоделированный годовой сток в североамериканских водосборных бассейнах меняется в зависимости от региона, модели общей циркуляции (МОЦ) и сценария выбросов. По проекции, среднегодовое количество осадков уменьшится в юго-западной части США, но увеличится на большей части остальной территории Северной Америки до 2100 г. [РГI, 11.5.3.2; РГII, 14.3.1] Увеличение осадков в Канаде прогнозируется в диапазоне +20% для среднегодового значения и +30% для зимы по сценарию A1B. Некоторые исследования проецируют повсеместное увеличение экстремальных осадков [РГI, 11.5.3.3; РГII, 14.3.1], а также засухи, которые связаны с большей временной изменчивостью осадков. В общем, проекции изменений экстремальных осадков больше, чем изменения среднего количества осадков. [РГI, 10.3.6.1; РГII, 14.3.1]

Табл. 5.7: *Наблюдаемые изменения в североамериканских водных ресурсах в течение прошлого века (↑ = увеличение, ↓ = уменьшение).*

Изменение водных ресурсов	Примеры из ДО4
Пик руслового стока на 1 -4 недели раньше из-за более раннего снеготаяния, вызванного потеплением	Регионы запада США и Новой Англии США, Канада [РГII, 1.3, 14.2]
↓ Часть осадков, выпадающих в виде снега	Западная часть Канады и прерии, запад США [РГII, 14.2, РГI 4.2]
↓ Продолжительность и распространение снежного покрова	Большая часть Северной Америки [РГI, 4.2]
↑ Годовые осадки	Большая часть Северной Америки [РГI, 3.3]
↓ Горный водный эквивалент снега	Западные районы Северной Америки [РГI 4.2]
↓ Годовые осадки	Центральные Скалистые горы, юго-запад США, канадские прерии и восточная Арктика [РГII, 14.2]
↑ Частота явлений сильных осадков	Большая часть США [РГII, 14.2]
↓ Сток и русловой сток	Бассейны Колорадо и Колумбии [РГII, 14.2]
Широко распространенное таяние вечной мерзлоты	Большая часть северной Канады и Аляски [РГII, 14.4, 15.7]
↑ Температура воды озер (0,1-1,5°C)	Большая часть Северной Америки [РГII, 1.3]
↑ Русловой сток	Большая часть восточных районов США [РГII 14.2]
Сокращение ледников	Западные горные массивы США, Аляска и Канада [РГI, 4.P, 4.5]
↓ Ледяной покров	Великие Озера, залив. Св. Лаврентия [РГII, 4.4, 14.2]
Осолонение прибрежных поверхностных вод	Флорида, Луизиана [РГII, 6.4]
↑ Периоды засухи	Западные районы США, южные районы Канады [РГII, 14.2]

Потепление и изменения в типе, сроках и количестве осадков, *весьма вероятно*, приведут к более раннему таянию и значительному сокращению снежного покрова в западных горных массивах к середине XXI века. В проекциях для горных водоразделов с преобладанием снегового питания, сток за счет снеготаяния растет, потоки зимой и ранней весной увеличиваются (повышая потенциальную возможность паводков), а потоки летом значительно уменьшаются. [РГII, 14.4] Поэтому чрезмерно используемые водные системы западных районов США и Канады, которые зависят от накопления стока за счет снеготаяния, могут быть особенно уязвимыми, как и те системы, которые зависят от стока с ледников. [РГII, 14.2, 15.2]

В Британской Колумбии предполагаемые воздействия включают рост осадков зимой, более сильные паводки весной на побережье и во внутренних районах и увеличение количества летних засух вдоль южного побережья и в южных внутренних районах, что приведет к уменьшению руслового стока и затронет как выживание рыбы, так и наличие запасов воды летом при наибольшем спросе. На Великих Озерах, прогнозируемые воздействия, связанные с более низкими уровнями воды, *вероятно*, усугубят проблемы, касающиеся качества воды, плавания, отдыха, выработки гидроэлектроэнергии, переброски воды и двусторонних связей между странами. [РГII, 14.2, 14.4] Многие, но не все оценки проецируют более низкое суммарное водоснабжение по бассейну и понижение уровней воды для бассейна Великих Озер – залив Св. Лаврентия. [РГII, 14.P, 14.2]

С изменением климата на обеспеченность грунтовыми водами будут, *вероятно*, влиять три ключевых фактора: *водозаборы* (отражающие развитие, спрос и доступность других источников), *эвапотранспирация* (увеличение с повышением температуры) и пополнение (определяемое температурой, сроками и количеством осадков, и взаимодействием с поверхностной воды). Смоделированные основные годовые потоки грунтовых вод и уровни водоносных слоев реагируют на температуру, осадки и откачивание, уменьшаясь при этом в сценариях с более сухими условиями или более высоким откачиванием и увеличиваясь в сценариях с более влажными условиями. В некоторых случаях имеются сдвиги базовых потоков; увеличивающиеся зимой и уменьшающиеся весной и в начале лета. [РГII, 14.4.1] Увеличение *эвапотранспирации* или откачивания грунтовых вод в полузасушливых или засушливых регионах Северной Америки может привести к осолонению мелководных водоносных горизонтов. [РГII, 3.4] Кроме того, изменение климата, *вероятно*, увеличит частоту интрузии соленых вод в прибрежные водоносные слои по мере повышения уровня моря. [РГII, 3.4.2]

5.6.2.2 Энергия

Известно, что производство гидроэлектроэнергии чувствительно к суммарному стоку, его срокам и уровням водохранилища. В период 1990-х гг., например, уровни Великих Озер упали в результате продолжительной засухи, а в 1999 г. производство гидроэлектроэнергии значительно понизилось и на Ниагаре, и Су-Сент-Мари (CCME, 2003). [РГII, 4.2] При потеплении на 2-3°C в бассейне Колумбии и в районах обслуживания гидроэлектроэнергией Британской Колумбии гидроэлектроснабжение в наихудших водных условиях в период максимальной потребности зимой, *вероятно*, возрастет *{высокая степень достоверности)*. Подобным образом, выработка гидроэлектроэнергии на реке. Колорадо, *вероятно*, значительно уменьшится (Christensen et al., 2004), равно как и на Великих Озерах (Moulton and Cuthbert, 2000; Lofgren et al., 2002; Mirza, 2004). Более низкие уровни воды в Великих Озерах могут привести к большим экономическим потерям (437-660 млн канадских долл./г), при этом повышение уровней воды приведет к небольшим прибылям (28-42 млн канадских долл./г) (Buttle et al., 2004; Ouranos, 2004). Производство гидроэлектроэнергии в северном Квебеке выиграет, *вероятно*, от большего количества осадков и условий более открытых вод, но гидростанции в южной части Квебека, *вероятно*, будут затронуты более низкими уровнями воды. Последствия изменений в сезонном распределении потоков и в сроках ледообразования неопределенные (Ouranos, 2004). [РГII, 3.5, 14.4.8]

Солнечные ресурсы могут быть затронуты будущими изменениями в облачности, которая может несколько увеличить потенциал солнечной энергии в Северной Америке к югу от 60° с. ш. (на основе многих моделей и сценария выбросов A1B для периода 2080-2099 гг. *в сравнение* с периодом 1980-1999 гг.). [РГI, рис. 10.10] Пан и др. (Pan et al. (2004)) однако предполагают обратное; увеличение облачности уменьшит потенциальную выработку фотоэлектричества на 0-20% (на основе моделей HadCM2 и RegCM2[24] с идеализированным сценарием увеличения CO2). [РГII, 14.4.8] Потенциал биоэнергии чувствителен к прямым воздействиям изменения климата на рост культур и обеспечение водой для орошения. В соответствии с проекцией, биоэнергетические культуры будут успешно соперничать за сельскохозяйственные площади земли по цене 33 долл. США/10^6 г, или примерно 1,83 долл. США/10^9 джоулей (Walsh et al., 2003). Ожидается, что потепление и увеличение осадков позволят биоэнергетической культуре просу эффективно соперничать с традиционными культурами в центральных районах США (на основе модели RegCM2 и удвоения содержания CO_2) (Brown et al., 2000). [РГII, 14.4.8]

5.6.2.3 Здоровье

Вспышки болезней, передающихся через воду, по всем причинам носят явно сезонный характер в Северной Америке. Они сосредоточены в ключевых водоразделах и связаны с сильными осадками (в США: Curriero et al., 2001) или с экстремальными осадками и более теплыми температурами (в Канаде: Thomas et al., 2006). Высокий сток после сильных дождевых осадков может также загрязнить воды, пригодные для рекреации, и увеличить риск болезней человека (Schuster et al., 2005) за счет высокого числа бактерий. Эта связь зачастую самая значительная на пляжах, расположенных рядом с реками (Dwight et al., 2002). Болезни, передающиеся через воду, и ухудшение качества воды, *весьма вероятно*, возрастут с увеличением сильных осадков. Болезни, связанные с пищевыми продуктами, также показывают некоторую взаимосвязь с трендами температуры. В провинции

[24] См. приложение I в отношении описаний моделей.

Альберта температура окружающей среды тесно, но нелинейно, связана со случаями болезней, вызванных кишечными патогенами (Fleury et al., 2006). [РГII, 14.P, 14.2.5]

Вероятно увеличение деятельности интенсивных тропических циклонов. [РГI, РП] Наводнения, вызванные штормовыми нагонами, уже являются проблемой в районе вдоль Мексиканского залива и южноатлантического побережья Северной Америки. Количество жертв от урагана Катрина в 2005 г. оценивается в 1 800 человек [РГII, 6.4.2], при этом ряд смертей и многочисленные случаи заболеваний, вызывающих диарею, были связаны с загрязнением водоснабжения (CDC, 2005; Manuel, 2006). [РГII, 8.2.2; см. также раздел 4.5 в отношении затопления прибрежной полосы]

5.6.2.4 Сельское хозяйство

Исследования, проведенные после ТДО, поддерживают вывод о том, что умеренное изменение климата, вероятно, повысит урожаи североамериканского богарного сельского хозяйства, но это повышение будет меньше, а пространственная изменчивость больше, чем в более ранних оценках *(высокая степень достоверности)* (Reilly, 2002). Однако, по проекциям, многие культуры, которые в настоящее время близки к климатическим пороговым величинам, будут характеризоваться снижением урожайности и, качества, или и тем и другим, даже при умеренном потеплении *(средняя степень достоверности)* (Hayhoe et al., 2004; White et al., 2006). [РГII, 14.4.4]

Уязвимость сельского хозяйства Северной Америки для изменения климата является многоплановой и определяется взаимодействием между условиями, существовавшими до этого, косвенными стрессами, вызванными изменением климата (например, изменение в конкуренции сельскохозяйственных вредителей, водообеспеченности), и способностью сектора справиться с многочисленными взаимодействующими факторами, включая экономическую конкуренцию со стороны других регионов, а также улучшение сортов культур и управления сельскохозяйственным производством (Parson et al., 2003). Обеспеченность водой является основным фактором, ограничивающим сельское хозяйство на юге-востоке Аризоны, тем не менее фермеры в регионе осознают, что технологии и такие меры адаптации, как страхование урожая, за последнее время уменьшили уязвимость (Vasquez-Leon et al., 2003). Районы с незначительным финансовым и ресурсным обеспечением (например, северные равнины США) особенно уязвимы для изменения климата (Antle et al., 2004). Неустойчивые виды практики землепользования будут способствовать большей уязвимости сельского хозяйства на Великих равнинах США для изменения климата (Polsky and Easterling, 2001). [РГII, 14.4.4; см. также раздел 4.2.2] Интенсивно эксплуатируемые системы на основе грунтовых вод на юго-западе США, *вероятно*, будут испытывать дополнительный стресс из-за изменения климата, ведущий к уменьшению пополнения *(высокая степень достоверности)*, оказывая, таким образом, воздействие на сельскохозяйственную продуктивность. [РГII, 14.4.1]

Уменьшение снежного покрова и увеличение выпадения дождевых осадков в зимний период на оголенную почву, *вероятно*, приведет к удлинению сезона эрозии и ее усилению, повышая потенциальную возможность воздействий на качество воды в сельскохозяйственных районах. Методы обработки почв (например, запашка растительных остатков, нулевая вспашка) в североамериканском зерновом поясе могут не обеспечить достаточной защиты от эрозии в результате будущих интенсивных осадков и связанного с ними стока (Hatfield and Pruger, 2004; Nearing et al., 2004). [РГII, 14.4.1]

5.6.2.5 Биоразнообразие

Целый ряд видов и биомов могут быть затронуты прогнозируемыми изменениями в количестве дождевых осадков, почвенной влаге, уровней поверхностной воды и руслового стока в Северной Америке в предстоящие десятилетия.

Понижение уровней воды в озерах и водоемах, например, может привести к репродуктивной недостаточности земноводных и рыб, и различные реакции среди видов могут изменить состав водного сообщества и потоки питательных веществ. Изменения в характере распределения осадков и режиме засух могут способствовать другим типам возмущений экосистем, включая пожары (Smith et al., 2000) и биологическую инвазию (Zavaleta and Hulvey, 2004). [РГII, 14.4.2] Замена в направлении суши травянистых пресноводных болот мангровыми, более толерантными к засолению болотами, например в Эверглейдсе, в юго-восточной части Флориды, с 1940-х гг. объяснялась совокупным воздействием повышения уровня моря и результатов управления водными ресурсами, приведшими к понижению уровня водного зеркала (Ross et al., 2000). [РГII, 1.3.3.2] Изменения в пресноводном стоке к побережью могут изменить соленость, мутность и другие аспекты качества воды, которые определяют продуктивность и распространение сообществ растений и животных. [РГII, 6.4]

В высоких широтах несколько моделей имитируют чистую первичную продуктивность североамериканских экосистем как результат экспансии лесов в тундру, плюс более длительные вегетационные сезоны (Berthelot et al., 2002), зависящие, в основном, от достаточного повышения осадков для уравновешивания возросшей эвапотранспирации в условиях более теплого климата. Рост лесов, по-видимому, медленно ускоряется в регионах, где рост деревьев был исторически ограничен низкими температурами и короткими сезонами вегетации. Однако в районах, подверженных засухам, рост замедляется. Радиальный рост белой ели на сухих, обращенных к югу, склонах на Аляске уменьшился за последние 90 лет из-за усиления стресса, вызываемого засухой (Barber et al., 2000). Модельные эксперименты Bachelet et al. (2001) проецируют увеличение площади экосистем, ограничиваемых засухами, на 11% на каждый 1°C потепления в континентальных районах США. [РГII, 14.4] В районе впадины североамериканских прерий модели дают проекцию усиление засухи с увеличением региональной температуры на 3°C и разными изменениями в осадках, ведущими к крупным потерям водно-болотных

угодий и уменьшению популяций водоплавающих птиц, размножающихся в этих местах (Johnson et al., 2005). [РГII, 4.4.10]

Экологическая устойчивость продуктивности рыб и рыбного промысла тесно связана с водоснабжением и температурой воды. *Вероятно*, что изменение климата отрицательно повлияет на промысел холодолюбивых рыб; промысел теплолюбивых видов рыб, в общем, выиграет; и результаты промысла холодолюбивых видов рыб будут смешанными с приростом в северных и потерями в южных частях их ареалов. Осетровые, которые предпочитают холодную, чистую воду, *вероятно*, будут испытывать наиболее отрицательные воздействия (Gallagher and Wood, 2003). *Вероятно*, больше всего будет затронут рыбный промысел в арктических пресных водах, так как они будут испытывать наибольшее потепление (Wrona et al., 2005). В озере Эри увеличение количества личинок окуневых, нерестящихся в реках, будет зависеть от температуры и изменений потока, но, что касается популяций рыб, нерестящихся в озерах, они, *вероятно*, сократятся из-за эффектов потепления и понижения уровней озер (Jones et al., 2006). Ареалы теплолюбивых видов будут тяготеть к сдвигу на север или к более возвышенным местам (Clark et al., 2001; Mohseni et al., 2003) в ответ на изменения температуры воды. [РГII, 14.4]

5.6.2.6 Тематические исследования воздействий изменения климата в крупных водоразделах в Северной Америке

Вставки 5.7 и 5.8 описывают два случая, иллюстрирующих потенциальные воздействия и проблемы управления в результате изменения климата в окружающих средах с «недостаточными водными ресурсами» и с «богатыми водными ресурсами» в западных районах Северной Америки: соответственно в бассейнах рек Колорадо и Колумбия.

5.6.3 Адаптация

Несмотря на то, что Северная Америка имеет существенную возможность адаптации к аспектам изменения климата, связанным с водой, фактические практические действия не всегда защищали людей и собственность от неблагоприятных воздействия паводков, засухи, штормов и других экстремальных явлений погоды. Особо уязвимые группы включают коренные народы и тех, кто находится в невыгодном положении в социальном или экономическом плане. Традиции и организации в Северной Америке поощряли децентрализованные рамки реагирования, когда адаптация носит активный характер, имеет неоднородное распределение и направлена на то,

Вставка 5.7: Засуха и изменения климата в бассейне реки Колорадо

Река Колорадо обеспечивает водоснабжение семи штатов США, двух мексиканских штатов и тридцати четырех аборигенных племен Америки (Pulwarty etal., 2005). Они представляют население в 25 млн обитателей, которое, согласно проекции, увеличится до 38 млн к 2020 г. За последние 100 лет общая площадь, затронутая суровой или экстремальной климатологической засухой в США, составляла примерно 14% каждый год, а в 1934 г. процентная величина достигла 65%.

Движение населения и экономической деятельности в западном направлении и сопутствующее реагирование на явления засухи привели к значительным структурным адаптациям, включая сотни накопителей, ирригационные проекты и забор грунтовых вод, которые разрабатываются в полузасушливых зонах окружающей среды. Как следует из документально подтвержденных данных, распределение воды реки Колорадо в штатах бассейна происходило в самый влажный период за более чем 400 лет (т.е., 1905-1925 гг.). В последнее время западные районы США подвергались постоянной засухе, при этом 30-40% региона находилось в условиях сильной засухи, начиная с 1999 г., и самого низкого пятилетнего расхода реки Колорадо за период наблюдений с 2000 по 2004 гг. В то же самое время в юго-западных штатах США происходит самый быстрый рост в стране с сопутствующими социально-экономическими и экологическими потребностями в водных ресурсах, сопровождаемыми соответствующими юридическими разногласиями (Pulwarty et al., 2005).

Только небольшая часть района всего бассейна Колорадо (около 15%) снабжает большую часть (85%) ее потока. Оценки показывают, что увеличение климатического потепления и испарения, сопровождающегося уменьшением стока, достигнет 30% в течение XXI века (Milly et al., 2005). В таких условиях, сопровождаемых прогнозируемыми водозаборами, требования Договора по реке Колорадо могут быть удовлетворены на 60-75% к 2025 г. (Christensen et al., 2004). По оценкам некоторых исследований, к 2050 г. средние условия увлажнения на юго-западе США могут быть такими же, как и условия, наблюдавшиеся в 1950-х гг. Эти изменения могут произойти в результате повышения температуры (через увеличение сублимации, испарения и уменьшения почвенной влаги), даже если уровни осадков останутся довольно постоянными. Некоторые исследователи утверждают, что такие оценки, зависящие от выбора модели, могут фактически недооценить снижение показателей в будущем.

Большинство сценариев потока реки Колорадо в Лис Ферри (который отделяет верхний бассейн от нижнего) показывают, что через 20 лет расход может быть недостаточным для удовлетворения текущих потребностей в водных ресурсах для целей потребления. Последний опыт свитетельствует, что «критические» условия уже существуют в бассейне (Pulwarty et al., 2005). Изменчивость и изменение климата, вместе с прессом растущего развития, приведут к воздействиям засухи, которые превзойдут обычные ее последствия для региона и усугубят конфликтные ситуации между водопользователями.

Вставка 5.8: Изменение климата добавляет проблем к управлению бассейном реки Колумбия. [РГII, вставка 14.2]

Современное управление водными ресурсами реки Колумбия включает комплекс равномерного распределения, часто конкурирующие потребности в гидроэнергии, навигацию, регулирование паводков, орошение, муниципальные виды использования и поддержание некоторых популяций видов, находящихся под угрозой исчезновения, и вымирающих видов (например, лосось). Текущие и прогнозируемые потребности для этих видов использования накладывают чрезмерные обязательства на существующие запасы воды. Управление водными ресурсами в бассейне осуществляется через сложный общественный институт, включающий два суверенных государства (Договор по реке Колумбия, ратифицированный в 1964 г.), аборигенное население с правами, определенными в договоре («решение Болдта» в судебном процессе США против штата Вашингтон в 1974 г.), и многие федеральные агентства, учреждения штатов, провинций и местного правительства (Miles et al., 2000; Hamlet, 2003). Загрязнение (в основном не из точечного источника) является существенным вопросом для многих притоков. Положения водного законодательства западных районов по принципу «первым пришел – первый в праве» в части бассейна, относящейся к США, осложняют руководство и уменьшают обеспечение водой более поздних водопользователей (Gray, 1999; Scott et al., 2004). Сложности распространяются на различные судопроизводственные обязанности, когда потоки высокие и когда они низкие, или когда охраняемые виды находятся в притоках, в основном русле или океане (Miles et al., 2000; Mote et al., 2003).

С изменением климата, прогнозируемый годовой сток реки Колумбия изменится относительно мало, но в сезонных стоках произойдет заметный сдвиг в сторону увеличения стоков зимой и весной и уменьшения стоков летом и осенью (Hamlet and Lettenmaier, 1999; Mote et al., 1999). Эти изменения стоков, вероятно, совпадут с увеличением спроса на воду в основном из-за регионального прироста, но также и в результате изменения климата. Потеря наличной воды летом усугубит конфликты, уже очевидные в годы меженных стоков, из-за водных ресурсов (Miles et al. 2000). Также прогнозируется, что изменение климата окажет воздействие на городское водоснабжение в пределах бассейна. Например потепление на 2°C, прогнозируемое на 2040-е гг., увеличит спрос на воду в Портленде, Орегон, на 5,7 млн $м^3$/г с дополнительной потребностью в 20,8 млн $м^3$/г из-за прироста населения, при этом снабжение сократится на 4,9 млн.$м^3$/г (Mote et al., 2003). Прогнозы климата на длительный срок все больше учитываются при управлении рекой, но в ограниченном плане (Hamlet et al., 2002; Lettenmaier and Hamlet, 2003; Gamble et al., 2004; Payne et al., 2004). Каждый из 43 бассейнов притока системы имеет свое собственный план управления бассейном в отношении рыбных ресурсов и дикой природы, но ни один из них не рассматривает всесторонним образом проблему уменьшения стоков в летнее время в условиях изменения климата (ISRP/ISAB, 2004).

Проблемы управления водными ресурсами в бассейне реки Колумбия, *вероятно*, усугубятся в связи с изменением климата в результате изменений в снежном покрове и сезонных потоках (Miles et al., 2000; Parson et al., 2001; Cohen et al., 2003). Способность управляющих выполнять задачи эксплуатации (надежность), *вероятно*, значительно уменьшится в условиях изменения климата (в соответствии с проекцией МОЦАО HadCM2 и ECHAM4/OPYC3 по сценарию выбросов МГЭИК IS92a на 2020-е и 2090-е гг.) (Hamlet and Lettenmaier, 1999). По проекциям, уменьшение надежности достигнет 25% к концу XXI века (Mote et al., 1999) и повлияет на требования действующих правил. Например, правила «сначала рыба» уменьшат гарантированную мощность энергосистемы на 10% в условиях современного климата и на 17% в годы теплой фазы Тихоокеанского декадного колебания (ТДК). Адаптивные меры имеют потенциальную возможность ослабить воздействие уменьшения снежного покрова в апреле, но могут привести к потерям от 10 до 20% гарантированной выработки гидроэлектроэнергии и меньшему, по сравнению с настоящим, объему потоков для рыб в летний период (Payne et al., 2004). Интеграция адаптации к изменению климата в региональные процессы планирования находится на ранних стадиях своего осуществления (Cohen et al., 2006).

чтобы справляться с проблемами, а не предотвращать их. Примеры адаптивного поведения, на которое оказывают влияние исключительно или преимущественно проекции изменения климата и его воздействия на водные ресурсы, в литературе, в основном, отсутствуют. [РГII, 14.5.2] Ключевой предпосылкой устойчивости в Северной Америке является «включение» вопросов климата в процесс принятии решений. [РГII, 14.7]

Уязвимость Северной Америки зависит от действенности адаптации и распределения возможностей с тем, чтобы справиться с проблемами; и то и другое в настоящее время неоднородно и не всегда защищали уязвимые группы от неблагоприятных воздействий изменчивости климата и экстремальных метеорологических явлений. [РГII, 14.7] США и Канада имеют развитую экономику с обширной инфрастуктурой и сложившимися организациями со значительными региональными и социально-экономическими различиями (NAST, 2000; Lemmen and Warren, 2004). Эти возможности привели к стратегиям адаптации и преодоления проблем в широком диапазоне исторических условий, которые характеризовались как успехами, так и провалами. Большинство исследований стратегий адаптации рассматривают реализацию, исходя из прошлого опыта (Paavola and Adger, 2002). [РГII, 14.5]

Североамериканское сельское хозяйство за последнее десятилетие подвергалось многим суровым явлениям погоды. Более изменчивая погода вместе с переселением из сельских районов и экономическими стрессами повсеместно увеличила уязвимость сельскохозяйственного

сектора, вызывая озабоченность о его будущей способности справиться с более изменчивым климатом (Сенат Канады, 2003; Wheaton et al., 2005). Однако, североамериканское сельское хозяйство является динамичным. Адаптация к многочисленным стрессам и условиям, включая изменения ситуации на рынках и в погоде – это обычный процесс для этого сектора. Диверсификация культур и предпринимательства, а также сохранение почв и водных ресурсов часто используются для уменьшения рисков, связанных с погодой (Wall and Smit, 2005). [РГII, 14.2.4]

Многие города в Северной Америке инициировали «беспроигрышные» действия на основе исторического опыта (MWD, 2005). [РГII, вставка 14.3] Деловые круги в Канаде и США также вкладывают деньги в адаптацию, касающуюся изменений водных ресурсов, хотя немногие из них, по-видимому, основаны на будущих проекциях изменения климата. [РГII 14.5.1] Примеры этих типов адаптации включают следующее:

- Страховые компании делают инвестиции в научные исследования для предотвращения будущего ущерба от опасных явлений для застрахованного имущества и для коррекции моделей ценообразования (Munich Re, 2004; Mills and Lecompte, 2006). [РГII, 14.2.4]
- Операторы лыжных курортов делают инвестиции в подъемники для подъема на большие высоты и в оборудование для компенсации сокращения снежного покрова (Elsasser et al., 2003; Census Bureau, 2004; Scott, 2005; Jones and Scott, 2006; Scott and Jones, 2006). [РГII, 14.2.4]
- В Нью-Йорке с начала 1980-х гг. общее потребление воды уменьшилось на 27% и потребление на душу населения - на 34% (Нью-Йорк, 2005 г.). [РГII, 14.2.4]
- В районе Лос-Анджелеса программы по стимулированию и информации местных водных округов поощряют сохранение водных ресурсов (MWD, 2005). [РГII, вставка 14.3]
- Имея очень подробную информацию о метеорологических условиях, фермеры вносят поправки в выбор культур и их разновидностей, стратегии орошения и применение пестицидов (Smit and Wall, 2003). [РГII, 14.2.4]
- Город Питерборо, Канада, пострадал в течение трех лет от двух наводнений, происходящих раз в 100 лет; реагирование включало промывку дренажных систем и замену магистральных канализационных систем для удовлетворения критериев более экстремальных пятилетних паводков (Hunt, 2005). [РГII, 14.5.1]
- Недавние засухи в шести основных городах США, включая Нью-Йорк и Лос-Анджелес, привели к адаптивным мерам, включающим инвестиции в системы сохранения воды и новые средства водоснабжения / распределения (Changnon and Changnon, 2000). [РГII, 14.5.1]
- Для того, чтобы справиться с увеличением интенсивных осадков на15%, в Берлингтоне и Оттаве, Онтарио, использовали как строительные, так и нестроительные меры, включая направление водосточных трубопроводов на лужайки для инфильтрации и увеличения накопления воды во впадинах и аккумулирования уличного поверхностного стока (Waters etal.,2003). [РГII, 14.5.1]
- Увеличение населения более чем на 35% (почти один миллион человек) с 1970 г. повысило водопользование в Лос-Анджелесе только на 7% (California Regional Assessment Group, 2002 г.) в основном благодаря практическим мерам по сохранению воды. [РГII, вставка 14.3]
- Региональный округ центральной части Оканагана в Британской Колумбии в 2004 г. выпустил план управления водными ресурсами для планировочной территории, известной как элемент ландшафта Трепанье, где четко рассматриваются климатические сценарии, проекции изменений водоснабжения и спроса, и варианты адаптации (Cohen et al., 2004; Summit Environmental Consultants, 2004). [РГII, вставка 3.1, 20.8.2]

5.7 Полярные регионы

5.7.1 Контекст

Полярные регионы являются районами планеты, которые, как ожидается, подвергнутся некоторым из самых ранних и наиболее глубоких изменений, вызванных климатом, из-за своих масштабных компонентов криосферы, которые также контролируют гидрологические процессы и водные ресурсы. Большая озабоченность по поводу влияния меняющегося климата на водные ресурсы полярных регионов высказывается в отношении Арктики. Что касается Антарктики, то в центре внимания находится баланс массы основных ледниковых покровов и их влияние на уровень моря и, в меньшей степени, изменения, вызванные в некоторых водных системах. Арктика характеризуется огромным разнообразием водных ресурсов, включая многие самые большие реки мира (Лена, Обь, Макензи и Енисей), мегадельты (Лена и Макензи), крупные озера (например, Большое Медвежье озеро), обширные ледники и ледяные шапки, и пространства водно-болотных угодий. Из-за относительно небольшого населения (4 миллиона: Bogoyavlenskiy and Siggner, 2004) и сурового климата такие отрасли, зависящие от водных ресурсов, как сельское хозяйство и лесоводство, довольно мелкомасштабны, в то время как ведется обширный рыбный промысел для коммерческих целей и личного потребления.. Хотя некоторые кочевые народы все еще составляют значительную часть населения в ряде арктических стран, это население все больше сосредотачивается в более крупных общинах (две трети населения проживает в настоящее время в населенных пунктах с более чем 5 000 жителей), большинство из которых располагается вблизи основных транспортных водных путей и зависит от них. Перемещение в более крупные общины привело к увеличению доступа к, например, снабжению очищенной водой и современному удалению бытовых отходов (Hild and Stordhal, 2004). [РГI, 10.6.4; РГII, 15.2.1]

Существенная часть водных ресурсов Арктики берет начало в бассейнах верховий крупных рек, текущих через северные регионы в Северный Ледовитый океан. Потоки этих рек являлись местом сосредоточения гидроэлектроэнергетики и остаются одним из самых

больших нетронутых потенциалов гидроэнергии в мире (например, Shiklomanov et al., 2000; Prowse et al., 2004). С учетом роли этих рек в переносе тепла, осадков, биогенных веществ, загрязняющих веществ и биоты на север, изменения, вызванные климатом в низких широтах, оказывают значительное влияние на Арктику. Кроме того, именно изменения в совокупном стоке всех арктических водосборных бассейнов были определены, как имеющие большое значение для пресноводного баланса Северного Ледовитого океана, образования морских льдов, и, в конечном счете, для потенциального воздействия на термохалинную циркуляцию и глобальный климат. [РГІ, 10.3.4; РГІІ, 15.4.1]

5.7.2 Наблюдаемые изменения

Наиболее значительным наблюдаемым изменением водных ресурсов Арктики является увеличение с 1930-х гг. совокупного стока шести самых крупных евразийских рек (примерно 7%: Peterson et al., 2002). Также отмечено, что в конце XX века произошло увеличение стока в Северный Ледовитый океан с циркумполярных ледников, ледяных шапок и Гренландского ледникового щита, и что оно сравнимо с увеличением совокупного речного притока из самых больших панарктических рек (Dyurgerov and Carter, 2004). Изменение баланса массы ледяных массивов связано с комплексным реагированием на изменения осадков и температуры, что приводит в результате к таким противоположным региональным трендам, как те, которые обнаруживаются между границами и некоторыми внутренними частями Гренландского ледникового щита (Abdalati and Steffen, 2001; Johannessen et al., 2005; Walsh et al., 2005). В случае увеличений стока на евразийских реках такие потенциальные контролирующие факторы, как таяние льда вечной мерзлоты, влияние лесных пожаров и колебания в плотинных водохранилищах, были исключены как причины, вызывающие эти события (McClelland et al., 2004). В одном из исследований с использованием моделирования показано, что свою роль сыграли антропогенные факторы воздействия на климат. Оценка климатических воздействий и других факторов на самую большую реку Северной Америки, текущую в Арктике, а именно реку Макензи, оказалась особенно трудной из-за большого ослабляющего влияния на поток, вызванного природными эффектами накопления - спуска основных озер и водохранилищ (например, Gibson et al., 2006; Peters et al., 2006). [РГІ, 9.5.4; РГІІ, 15.4.1.1]

Влияние атмосферных осадков на сток трудно определить главным образом из-за редкой арктической сети наблюдений за осадками и ее недостатков, но считается, что они медленно увеличиваются, примерно на 1% в десятилетие (McBean et al., 2005; Walsh et al., 2005). В расходе основных арктических рек в зимнее время также наблюдались изменения величины, которые связывались с усилением потепления и зимних осадков в случае реки Лены (Yang et al., 2002; Berezovskaya et al., 2005). Тем не менее, на реках Обь и Енисей, хотя ранее также считалось, что изменение расхода вызвано изменением климата, это было объяснено просто гидроэнергетическим регулированием (Yang et al., 2004a, b). Изменились также сроки весеннего половодья - доминирующего события для потока арктических рек, но они не были пространственно согласованными за последние 60 лет. При этом на соседних сибирских реках наблюдались тенденции как более ранних (Лена: Yang et al., 2002), так и более поздних сроков (Енисей: Yang et al., 2004b). Дрейфующие пресноводные льды также контролируют сезонную динамику арктических рек и озер, особенно, режимы наводнений, и, хотя не сообщалось об изменении в частоте или масштабе паводков, вызванных льдами, продолжительность существования ледяного покрова уменьшилась на большей части Субарктики (Walsh et al., 2005). [РГІІ, 15.2.1, 15.4.1.1]

За последние полвека в Арктике произошли значительные изменения вечной мерзлоты (Walsh et al., 2005) и, учитывая роль мерзлого грунта в контролировании направлений стока, оттаивание вечной мерзлоты может оказывать влияние на сезонные реагирования осадков - стока (Serreze et al., 2003; Berezovskaya et al., 2005; Zhang et al., 2005). Предполагается, что таяние вечной мерзлоты, и связанное с этим увеличение проницаемости нижнего слоя почвы также вызвало изменения в численности озер в некоторых районах Сибири в течение 30-летнего периода в конце XX века (Smith et al., 2005; см. рис. 5.12). Считается, что в более высоких широтах первоначальное оттаивание увеличило запруживание поверхности и изобилие озер, в то время как в низких широтах распространенность озер уменьшалась по мере того, как более обширное и глубокое оттаивание привело к дренажу запруженной воды системами подповерхностного стока. Было показано, что в более обширных районах Арктики биологический состав водных сообществ озер и водоемов реагирует на сдвиги в повышении среднегодовой и летней температуры и связанные с ними изменения в термической стратификации/устойчивости и продолжительности существования ледяного покрова (Korhola et al. 2002; Ruhland et al., 2003; Pienitz et al., 2004; Smol et al., 2005; Prowse et al., 2006). [РГІ, глава 4; РГІІ, 15.4.1.1]

Также показано, что пресноводные экосистемы Антарктики являются в высшей степени чувствительными к изменениям климата, особенно температуры воздуха, хотя тренды таковых колебались в пределах континента. Например, наблюдалось, что продуктивность озер в Сухих Долинах уменьшается с понижением температуры воздуха (например, Doranetal, 2002). Наоборот, повышение температуры воздуха на морском субантарктическом острове Сигни вызвало некоторые из наиболее быстрых и усиленных реакций температуры озера, когда-либо наблюдавшихся в Южном полушарии (Quayle et al., 2002). Кроме того, воздействия потепления на снежный и ледяной покров вызвали разнообразное множество нарушений в экосистемах (Quayle et al., 2003). [РГІІ, 15.2.2.2]

5.7.3 Проекции изменений

Проекция изменений в гидрологии и, таким образом, в водных ресурсах Арктики проблематична из-за существенной изменчивости сезонного характера и

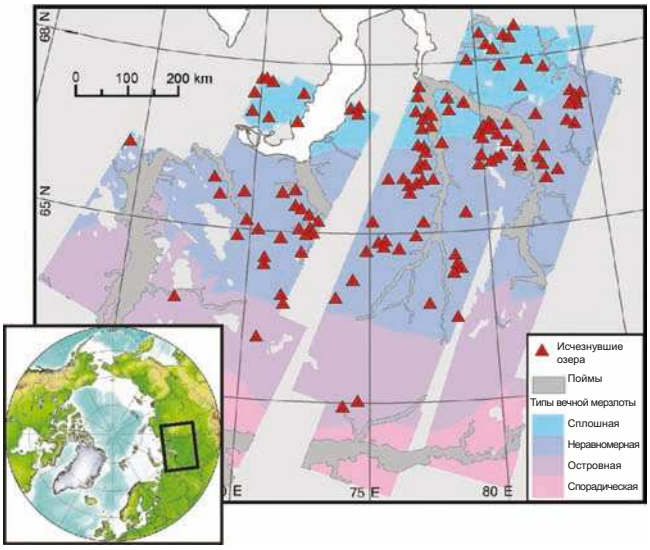


Рис. 5.12: *Расположение сибирских озер, которые исчезли после тридцатилетнего периода повышения температуры почвы и воздуха (изменения, наблюдаемые на спутниковых снимках с начала 1970-х гг. по 1997-2004 гг.), наложенные на различные типы вечной мерзлоты. Пространственная структура исчезновения озер позволяет предположить, что оттаивание вечной мерзлоты привело к наблюдавшимся потерям. Воспроизведено из Smith et al. (2005). С разрешения AAAS [РГII, рис.15.4]*

пространственного распределения осадков в моделях ГКМ. Несмотря на то, что большинство из них предсказывают увеличение осадков, прогноз стока с учетом компонента осадков связан с проблемами распределения дождевых и снежных осадков по мере потепления в регионе, или по мере того, как станут доступными дополнительные источники влаги с отступанием морских льдов. Однако самые последние проекции для стока с основных арктических водосборных бассейнов указывают, в целом, на повсеместное увеличение в размере 10-30%. Тем не менее, одним из факторов, не включенных в такие проекции, является увеличение эвапотранспирации, которое произойдет при сдвигах доминирующей растительности суши от не испаряющих влагу тундровых лишайников к различным древесным видам (например, Callaghan et al.,2005),хотя это может быть компенсировано уменьшением транспирации, вызванной CO_2 (например, Gedney et al.,2006). Современные проекции стока также не учитывают эффекты будущего таяния вечной мерзлоты и углубления активных слоев (Anisimov and Belolutskaia, 2004; Instanes et al., 2005), которые будут все больше усиливать зависимость между режимами поверхностных и грунтовых вод, что приведет в крупным изменениям в сезонных гидрографах. Соответственно более влажный или сухой климат тундры в сочетании с потеплением и увеличением глубины активного слоя определит его статус в качестве источника/поглотителя для потоков углерода и метана. Также ожидается, что таяние вечной мерзлоты и растущий расход вызовут увеличение речных наносов (Syvitski, 2002) и потенциальные, крупные трансформации в русловых сетях (Bogaart and van Balen, 2000; Vandenberghe, 2002). [РГI, глава 10; РГII, 15.4.2.3, 15.4.1.2]

Сток в обоих полярных регионах будет усилен сокращением ледников,ледниковых шапок и ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды, хотя большая часть талых вод некоторых ледниковых шапок и покровов стекает непосредственно в окружающие их океаны. Более важным для водных ресурсов суши являются различные ледники, разбросанные по всей Арктике, которые, по проекциям, со временем значительно отступят. Несмотря на первоначальное повышение руслового стока, постепенное исчезновение или новый ледниковый баланс при меньшей протяженности приведет к условиям меженного потока, особенно во время более сухих периодов в конце лета, которые имеют существенное значение для водной биоты Арктики. [РГI, глава 10; РГII, 15.4.1.3]

Проекция потепления также подразумевает продолжение последних трендов более позднего замерзания и раннего взлома льда на реках и озерах (Walsh et al., 2005), а также уменьшения толщины льда, что приведет к изменениям термических структур в озерах, качества/количества подледной среды обитания и воздействиям на заторы речного льда и связанные с ними паводки (Beltaos et al., 2006; Prowse et al., 2006). Последнее имеет значение не только как опасность для многих северных поселений на реках, но также важно для поддерживания экологического здоровья прибрежных экосистем, которые зависят от весеннего половодья, скопления седиментов и питательных веществ (Prowse et al., 2006). [РГII, 15.4.1.2, 15.6.2]

Вышеуказанные крупные изменения в гидрологии холодных регионов в Арктике приведут к изменению биоразнобразия водных организмов, продуктивности, доступности сезонных сред обитания и географического распространения видов, включая основные популяции рыбных ресурсов (Prowse et al., 2006; Reist et al. 2006a, b, c; Wrona et al., 2006). Арктические народы, живущие в условиях натурального хозяйства и коммерческой экономики, получают многие виды услуг от пресноводных экосистем (например, сбор биоты), и изменения в количестве, пополнении, наличии и доступности таких ресурсов приведут к изменению методов использования местных ресурсов и традиционного образа жизни (Nuttall et al., 2005; Reist et al., 2006a). [РГII, 15.4.1.3]

При условии, что, по проекции, Арктика будет, в общем, «более влажной», ряд гидрологических процессов окажут воздействие на траектории и концентрации загрязняющих веществ (например, персистентные органические загрязняющие вещества и ртуть) в арктических водных системых (MacDonald et al., 2003). Изменения в водной трофической структуре и пищевых цепях (Wrona et al., 2006) обладают дальнейшей потенциальной возможностью изменить накопление химических соединений с повышенным биологическим воздействием. Это является особой проблемой для здоровья северных жителей, которые зависят от традиционных источников местной пищи. Изменения в сезонных сроках и величине потоков и имеющейся поверхностной воды также вызовет озабоченность многих северных общин, зависящих от поверхностных и/или грунтовых, зачастую

неочищенных, вод, для использования в качестве питьевой воды (United States Environmental Protection Agency, 1997; Martin et al., 2005). Риски загрязнения могут также возрасти при перемещении видов и переносимых ими болезней к северу и через загрязнение запасов грунтовых вод морской водой из-за повышения уровня моря в районе прибрежных общин (Warren et al., 2005). [РГII, 15.4.1]

Большая часть застроек и инфраструктуры, которые тяготеют к расположению поблизости от арктических пресноводных систем, будут значительно затронуты изменениями в северных гидрологических режимах. Примеры, имеющие существенное значение, включают уменьшение доступа по ледяным дорогам к транспортным средствам и северным общинам; изменения в обеспечении поверхностной и грунтовой водой для общин и промышленности; утрату надежной герметичности отходов горнодобывающих предприятий в северных озерах, подстилаемых вечной мерзлотой; и увеличение потока и ледовой опасности для буровых платформ в русле и гидроэнергетических водохранилищ (Всемирная комиссия по плотинам, 2000 г.; Prowse et al., 2004; Instanes et al., 2005). Хотя оценка будущего производства электричества всей Арктики не проводилась, для сценария выбросов IS92a было оценено, что потенциал гидроэнергетики для станций, существовавших в конце XX века, увеличится на 15-30% в Скандинавии и на севере России. [РГI, 3.5.1; РГII, 15.4.1.4]

5.7.4 Адаптация и уязвимость

Общая уязвимость пресноводных ресурсов Арктики для изменения климата в значительной мере связана с резкими изменениями водной фазы от твердой до жидкой, которые произойдут во многих гидрологических системах криосферы. Пресноводные экосистемы Арктики исторически могли адаптироваться к большим изменениям климата, но в течение продолжительных периодов (например, Ruhland et al., 2003). Однако, по проекции, быстрые темпы изменения в предстоящем веке превысят способность некоторых организмов биоты к адаптации (Wrona et al., 2006) и приведут скорее к отрицательным, чем положительным воздействиям на пресноводные экосистемы (Wrona et al., 2005). [РГII, 15.2.2.2]

В плане использования человеком потенциальные адаптивные меры чрезвычайно разнообразны - от мер, упрощающих использование водных ресурсов (например, изменения в методах строительства ледяных дорог, рост перевозок по чистой воде, регулирование потока для производства гидроэлектричества, стратегии сбора и методы доступа к питьевой воде), до стратегий адаптации, касающихся увеличения/уменьшения опасных явлений, связанных с пресной водой (например защитные сооружения для снижения риска паводков или увеличения потока для водных систем; Prowse and Beltaos, 2002). Однако тесные культурные и/или социальные связи с традиционными видами использования водных ресурсов некоторыми северными народами могут осложнить принятие определенных стратегий адаптации (McBean et al., 2005; Nuttall et al., 2005). [РГII, 15.2.2.2]

5.8 Малые острова

5.8.1 Контекст

В ТДО (глава 17; МГЭИК, 2001b) отмечалось, что малые островные государства имеют много схожих характеристик (например, физические размеры, подверженность стихийным бедствиям и экстремальным явлениям климата, чрезвычайная открытость экономики, низкая способность к снижению конценрации рисков и адаптации), что повышает их уязвимость и уменьшает их устойчивость к изменчивости и изменению климата. Несмотря на различия в расстановке акцентов и секторальных приоритетах на различных островах, возникают три общих темы.

1. Во всех национальных сообщениях малых островных государств[25] подчеркивается неотложный характер деятельности по адаптации и необходимость финансовых ресурсов для поддержки такой деятельности.
2. Пресная вода рассматривается в качестве жизненно важной проблемы во всех малых островных государствах, как в плане качества воды, так и ее количества.
3. Многие малые островные государства, включая все малые островные развивающиеся государства (СИДС), видят необходимость в расширении комплексного планирования и управления водными ресурсами. [РГII, ТДО, глава 17]

Вода является многосекторным ресурсом, который связан со всеми гранями жизни и источниками существования, включая безопасность. Надежность водоснабжения рассматривается как чрезвычайно важная проблема на многих островах в настоящее время и как одна из проблем, неотложный характер которой в будущем возрастет. Имеются серьезные свидетельства, что, в соответствии со многими сценариями изменения климата, водным ресурсам на малых островах, *вероятно*, будет причинен серьезный ущерб *(очень высокая степень достоверности)*. Большинство малых островов имеют ограниченный запас воды, и водные ресурсы на этих островах особенно уязвимы для будущих изменений и распределения осадков. Диапазон рассмотренных адаптивных мер и выделенные приоритеты тесно связаны с ключевыми социально-экономическими секторами каждой страны, ее ключевыми проблемами в области охраны окружающей среды и районами, наиболее подверженными риску воздействий изменения климата, а именно, повышению уровня моря. [РГII, 16.P, 16.5.2]

[25] В соответствии с Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН), страны должны представлять периодические национальные сообщения о прогрессе в сокращении суммарных выбросов ПГ, политике и принятых мерах, и оценке потребностей.

5.8.2 Наблюдаемые климатические тренды и проекции в островных регионах

Гидрологические условия, водоснабжение и использование воды на малых островах ставят совершенно другие проблемы для исследований и адаптации по сравнению с ситуациями на материке. Их необходимо изучать и моделировать для всех типов островов, включая разные геологические условия, топографию и покров суши, в том числе в свете самых последних сценариев и проекций изменения климата. [РГII 16.7.1] Новые наблюдения и повторные исследования температуры, усредненной по поверхности суши и океана, выполненные после ТДО, показывают согласованные тренды потепления во всех регионах малых островов за период 1901 – 2004 гг. Тем не менее, тренды носят нелинейный характер, а отсутствие исторических данных серьезно сдерживает проведение анализа трендов. [РГII, 16.2.2.2]

Последние исследования показывают повышение годовых и сезонных температур поверхности океана и воздуха на островах на 0,6-1,0°C с 1910 г. в большинстве южных районов Тихого океана и на юго-западе Южной тихоокеанской зоны конвергенции (ЮТЗК)[26]. При этом десятилетнее повышение годовых температур на 0,3-0,5°C наблюдается повсеместно только с 1970-х гг., чему предшествовало некоторое похолодание после 1940-х гг., когда начались наблюдения, к северо-востоку от ЮТЗК (Salinger, 2001; Folland et al., 2003). Анализы данных по регионам Карибского бассейна, Индийского океана и Средиземноморья свидетельствуют о том, что показатели потепления менялись от 0,24°C до 0,5°C в десятилетие с 1971 по 2004 г. В некоторых высокоширотных регионах, включая западную часть Канадского арктического архипелага, происходило потепление более быстрыми темпами по сравнению с глобальной средней величиной (McBean et al., 2005). [РГII, 16.2.2.2]

Тренды экстремальных суточных осадков и температуры в южной части Тихого океана за период 1961-2003 гг. показывают увеличение годового числа жарких дней и теплых ночей и уменьшение годового числа прохладных дней и холодных ночей, особенно в годы после начала Эль-Ниньо. При этом тренды экстремального количества осадков в целом менее когерентны в пространстве, чем тренды экстремальной температуры (Manton et al., 2001; Griffiths et al., 2003). В Карибском регионе процентное количество дней с минимальными или максимальными значениями очень теплых температур заметно увеличилось, начиная с 1950-х гг., в то время как процентное количество дней с холодными температурами понизилось (Petersen et al.,2002). [РГII, 16.2.2.2]

По проекции для Карибского региона, повышение глобальной температуры воздуха на 1,5-2°C затронет регион в виде следующих явлений [РГII, ТДО, глава 17]:

- повышения затрат на испарение,
- уменьшения осадков (продолжение тренда снижения количества дождевых осадков, наблюдаемого в некоторых частях региона),
- сокращения продолжительности сезона дождей - на 7-8% к 2050 г.,
- увеличения продолжительности сухого сезона – на 6-8% к 2050 г.,
- увеличения частоты сильных дождевых осадков - на 20% к 2050 г.,
- повышения эрозии и загрязнения прибрежных районов.

Колебания тропических и внетропических циклонов, ураганов и тайфунов во многих регионах малых островов зависят от ЭНСО и десятилетней изменчивости. Они приводят к такому перераспределению тропических штормов и их траекторий, при котором увеличение в одном бассейне часто уравновешивается в других бассейнах. Например, во время явления Эль-Ниньо количество ураганов обычно уменьшается в районах Атлантики и в дальней западной части Тихого океана и Австралоазиатском регионе, увеличиваясь при этом в центральной, северной и южной части Тихого океана, и особенно в западной части северотихоокеанского района тайфунов. Имеются данные наблюдений об увеличении активности интенсивных тропических циклонов в Северной Атлантике приблизительно с 1970 г., соотнесенной с увеличением тропической ТПМ. Существуют также свидетельства активизации интенсивных тропических циклонов в других регионах, где качеству данных уделили больше внимания. Мультидекадная изменчивость и качество записей данных примерно до 1970 г. осложняют обнаружение долгосрочных трендов. Оценки потенциальной разрушительности тропических циклонов показывают существование значительного тренда к повышению с середины 1970-х гг. [РГI, ТР, 3.8.3; РГII, 16.2.2.2]

Анализы измерений уровня моря, охватывающих по меньшей мере 25 лет ежечасных данных со станций, расположенных вокруг Тихоокеанского бассейна, показывают в целом общее увеличение среднего относительного повышения уровня моря на 0,7 мм/г (Mitchell et al., 2001). Если брать только островные станции, имеющие данные более чем за 50 лет (только четыре места), то средняя скорость повышения уровня моря (относительно земной коры) составляет 1,6 мм/г [РГI, 5.5.2]

5.8.2.1 Вода

В табл. 5.8 представлено сравнение проекций изменений осадков на малых островах по регионам на основе семи ГКМ и для ряда сценариев выбросов СДСВ. Ожидается, что в Карибском регионе многие острова будут испытывать водный стресс в результате изменения климата, при этом все сценарии СДСВ дают проекцию уменьшения осадков летом по региону. Маловероятно, что спрос будет удовлетворяться в периоды низкого количества осадков. Маловероятно, что увеличение дождевых осадков в

[26] ЮТЗК является частью ВТЗК и представляет полосу конвергенции в нижней части атмосферы, облачности и осадков, протянувшуюся от западной части тихоокеанской тёплой водной массы до Французской Полинезии.

Северном полушарии зимой компенсирует этот дефицит из-за сочетания факторов отсутствия хранения и высокого стока во время штормов. [РГII, 16.3.1]

Табл. 5.8: *Проекция изменения осадков на небольших островах, по регионам (%). Диапазоны получены по результатам прогона семи МОЦАО в рамках сценариев B1, B2, A2 и A1FI СДСВ. [РГII, табл. 16.2]*

Регионы	2010-2039гг.	2040-2069гг.	2070-2099гг.
Средиземноморский	-35,6 до+55,1	-52,6 до +38,3	-61,0 до +6,2
Карибский	-14,2 до+13,7	-36,3 до +34,2	-49,3 до +28,9
Индийский океан	-5,4 до+6,0	-6,9 до+12,4	-9.8 до+14,7
Северотихоокеанский	-6,3 до+9,1	-19,2 до+21,3	-2,7 до +25,8
Южнотихоокеанский	-3,9 до + 3,4	-8,23 до +6,7	-14,0 до+14,6

В Тихоокеанском регионе уменьшение на 10% в среднем количестве осадков (к 2050 г.) приведет к сокращению на 20% пресноводной линзы на атолле Тарава, Кирибати. Уменьшение количества осадков, сопряженное с повышением уровня моря, повысит риски, связанные с надежностью водоснабжения. [РГII, 16.4.1]

Многие малые острова начали делать инвестиции в стратегии адаптации, включая опреснение, для компенсации текущей и проецируемой нехватки воды. Однако воздействие самих установок по опреснению на эстетические ценности окружающей среды и необходимость всеобъемлющего соблюдения экологических требований к воде не рассматривались в полной мере. [РГII 16.4.1]

В отличие от ураганов, которые характеризуются хорошей видимостью и серьезными последствиями, засухам уделялось меньше внимания со стороны исследователей и специалистов по планированию, несмотря на то, что они могут привести к увеличению водозаборов и потенциальной возможности интрузии соленых вод в прибрежные водоносные горизонты. Например на Багамах пресноводные линзы являются единственными пригодными для эксплуатации ресурсами грунтовых вод. На эти линзы оказывается периодическое воздействие интрузий соленых вод, вызванных чрезмерным выкачиванием и избыточной эвапотранспирацией. Грунтовые воды в большинстве случаев имеют медленное течение, в результате чего существенно сократившиеся запасы грунтовых вод восстанавливаются медленно, и этот процесс может иметь необратимый характер; изменчивость годовых объемов имеющейся воды в целом не является такой экстремальной, как у ресурсов поверхностных вод; и деградация качества воды и ее загрязнение имеют долгосрочные последствия и не могут быть быстро устранены. [РГII, 16.4.1]

Некоторые островные государства, такие, как Мальта (MRAE, 2004), придают особое значение потенциальным экономическим секторам, которые потребуют адаптации, включая производство электроэнергии, транспорт и управление удалением отходов; в то же время сельское хозяйство и здоровье человека играют заметную роль в сообщениях Коморских Островов (GDE, 2002), Вануату (Республика Вануату, 1999) и Сент-Винсент и Гренадины (NEAB, 2000). В этих случаях, повышение уровня моря не считается самой жизненно важной проблемой, хотя это и происходит в низко расположенных атолловых государствах, таких, как Кирибати, Тувалу, Маршалловы Острова и Мальдивы. [РГII 16,.4.2]

5.8.2.2 Энергия

Доступ к надежной и доступной энергии является важным элементом на большинстве малых островов, где высокая стоимость энергии считается препятствием для достижения цели устойчивого развития. Некоторые острова, такие как Доминика в Карибском море, в значительной мере зависят от гидроэлектроэнергии как основного элемента своего энергоснабжения. Исследования и развитие энергетической эффективности и вариантов, подходящих для малых островов, таких, как энергия солнца и ветра, могли бы помочь как в плане стратегий адаптации, так и смягчения последствий, улучшая при этом перспективу достижения устойчивого роста. [РГII 16.4.6, 16.4.7]

5.8.2.3 Здоровье

Многие малые острова лежат в тропической или субтропической зонах, где погодные условия способствуют передаче таких болезней, как малярия, лихорадка денге, *филяриатоз, шистосомоз*, и болезней, передаваемых через продукты и воду. Показатели распространения многих из этих болезней возрастают на малых островах по ряду причин, включая слабую деятельность органов здравоохранения, недостаточную инфраструктуру, плохие методы управления удалением отходов, увеличение глобальных перемещений и изменяющиеся климатические условия (ВОЗ, 2003). В Карибском регионе, заболеваемость лихорадкой денге возрастает в теплые годы циклов ЭНСО (Rawlins et al., 2005). В связи с тем, что наибольший риск передачи лихорадки денге существует во время ежегодных сезонов дождей, программы борьбы с переносчиками должны быть сосредоточены на этих периодах для понижения распространения заболеваний. Число случаев болезней, вызывающих диарею, связывается со среднегодовыми температурами (Singh et al., 2001) [РГII, 8.2, 8.4], и отрицательным образом связывается с обеспеченностью водой в Тихоокеанском регионе (Singh et al., 2001). Поэтому повышение температуры и уменьшение обеспеченности водой в связи с изменением климата может увеличить распространение желудочно-кишечных и других инфекционных болезней в некоторых малых островных государствах. [РГII, 16.4.5]

5.8.2.4 Сельское хозяйство

Проекции воздействий изменения климата включают длительные периоды засухи и, с другой стороны, потерю плодородия и деградацию почв в результате увеличения осадков, при этом и то и другое окажет отрицательное воздействие на сельское хозяйство и продовольственную безопасность. В исследовании Всемирного банка (2000 г.) социально-экономических последствий изменения и

изменчивости климата для отдельных островов Тихого океана было обнаружено, что при отсутствии адаптации ежегодный ущерб, наносимый такому возвышенному острову как Вити-Леву (Фиджи) к 2050 г. может составить 23-52 млн долл. США (что эквивалентно 2-3% ВВП Фиджи в 2002 г.), тогда как группа таких низких островов, как Тарава, Кирибати, может столкнуться с ущербом более чем 8-16 млн. долл. США в год (что эквивалентно 17-18% ВВП Кирибати в 2002г.) по сценариям A2 и B2 СДСВ. На многих островах Карибского моря, доля импорта сельскохозяйственной продукции, который сам по себе включает воду, использованную для производства в странах, откуда они импортируются, составляет до 50% в поставках продовольствия. [РГII, 16.4.3]

5.8.2.5 Биоразнообразие

Бурке и др, а также Берке и Мейденс (Burke et al. (2002) and Burke and Maidens (2004)) указывают, что около 50% рифов в Юго-Восточной Азии и 45% в Карибском море классифицируются в рамках категории от высокой до очень высокой степени риска (см. также Graham et al., 2006). Тем не менее, имеются значительные локальные и региональные различия в масштабе и типе угрозы для коралловых рифов, что в равной степени касается как материков, так и малых островов. [РГII, 16.4.4]

За последние десятилетия как наземные экосистемы более крупных островов, так и прибрежные экосистемы большинства островов подвергались все большей деградации и разрушению. Например, в ходе анализа обследований коралловых рифов за три десятилетия было обнаружено, что коралловый покров рифов в Карибском море сократился на 80% всего за 30 лет, в основном в результате загрязнения, отложения осадков, морских болезней и чрезмерного лова рыбы (Gardner et al., 2003). Сток из районов суши вместе с прямым пополнением пресной воды за счет сильных дождей может оказать существенные воздействия на качество рифов и их восприимчивость к болезням. [РГII, 16.4.4]

5.8.3 Адаптация, уязвимость и устойчивость

Устойчивое развитие часто декларируется в качестве задачи стратегий управления для малых островов. В относительно небольшом количестве работ детально рассматривалось, что означает устойчивое развитие для островов в контексте изменения климата (Kerr, 2005). Давно известно, что проблемы малого масштаба и изоляции, специализированных экономик и противостоящих сил глобализации и локализации, могут означать, что современное развитие на малых островах становится неустойчивым в долгосрочном плане. [РГII, 16.6]

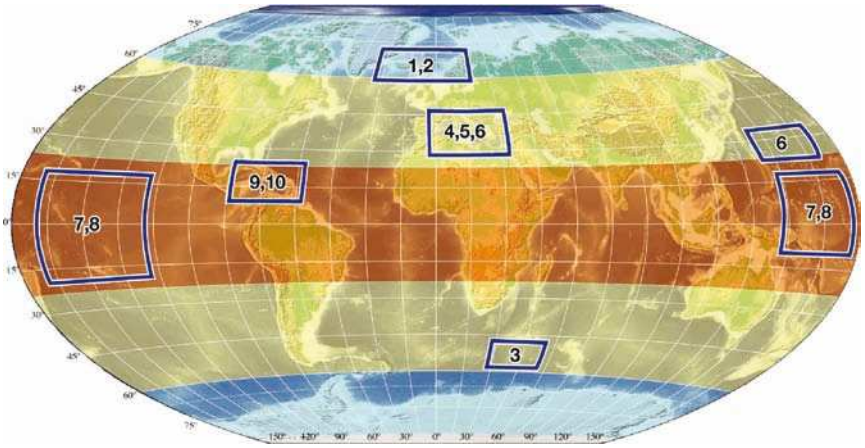
Опасность связывается с ограничением вариантов адаптации к ожидаемым воздействиям изменения климата в условиях неопределенности потенциальных физических воздействий, вызванных климатом. В табл. 5.9 представлено обобщение результатов нескольких исследований на основе сценариев для островной окружающей среды, начиная с настоящего времени до 2100 г. включительно, т.е., некоторые воздействия уже имеют место. Представлен контекст для других потенциальных воздействий климата, которые могли бы усугубить стрессы, связанные с водой. Источником пороговых величин могут быть социальные, а также экологические процессы. Кроме того, проблема заключается в том, чтобы понять стратегии адаптации, которые были приняты в прошлом, и их выгоды и ограничения для будущего планирования и реализации. РГII, 16.5]

В то время как в региональных проекциях уровня моря был достигнут значительный прогресс после опубликования ТДО, такие проекции не были полностью использованы на малых островах вследствие большой неопределенности, присущей их локальным проявлениям, в отличие от глобальных проекций. Необходимы надежные и правдоподобные проекции, основанные на результатах моделей с лучшей разрешающей способностью, вместе с локальными данными для информирования о разработке надежных сценариев изменения климата для малых островов. Эти подходы могут привести к улучшению оценок уязвимости и определению более подходящих вариантов адаптации в масштабе островов для временных масштабов климатических воздействий. [РГII, 16.7.1]

Исследования уязвимости, проведенные для отдельных малых островов (Nurse et al., 2001), показывают, что затраты на защиту инфраструктуры и населенных пунктов составляют существенную часть ВВП, которая часто выходит далеко за рамки финансовых средств большинства малых островных государств; эта проблема не всегда возникает у островов материковых стран. Самые последние исследования определили основные области адаптации, включая водные ресурсы и управление водоразделами, сохранение рифов, управление сельским и лесным хозяйством, сохранение биоразнообразия, энергетическая безопасность, активизация разработки возобновляемых источников энергии и оптимизированное потребление энергии. Рамочная структура, которая учитывает уязвимость сообщества в настоящее время и в будущем и включает методологии, объединяющие науку о климате, социологию и связь, обеспечивает основу для наращивания потенциала адаптации. [РГII, вставка 16.7] Этот подход требует, чтобы члены общины определили условия климата, значимые для них, и оценили существующие и потенциальные стратегии адаптации. Одна из таких методик была опробована в Самоа, и ее разработали жители одной деревни (Saoluafata: см. Sutherland et al., 2005). В этом случае местные жители определили несколько адаптивных мер, включая строительство дамбы, дренажную систему, резервуары для воды, запрет на расчистку деревьев, какое-либо перемещение и реконструкцию существующей инфраструктуры. [РГII, 16.5]

В ДО4 МГЭИК определены несколько ключевых областей и пробелы, которые недостаточно представлены в современных научных исследованиях воздействий изменения климата на малые острова. [РГII, 16.7] Они включают:

- роль таких прибрежных экосистем, как мангровые леса, коралловые рифы и пляжи, в обеспечении



* Цифры жирным шрифтом относятся к регионам, определенным на карте

Табл. 5.9: *Диапазон будущих воздействий и уязвимостей на малых островах. [РГII, вставка 16.1]*

Регион* и система, подвергающая ся риску	Сценарий и ссылка	Изменение параметров	Воздействия и уязвимость
1. Исландия и изолированные арктические о-ва Шпицбергена и Фарерские острова: морская экосистема и виды растений	A1 и B2 СДСВ ACIA (2005)	Проекция повышения температуры	• Дисбаланс гибели видов и их замены приведет к первоначальному сокращению разнообразия. Распространение в северном направлении карликовых кустарников и растительности с доминированием древесных видов в районы, богатые редкими эндемическими видами, приведет к их гибели. • Значительное сокращение или даже полная гибель популяции исландской мойвы приведет к большим отрицательным воздействиям на большую часть запасов промысловых видов рыб, китов и морских птиц.
2. Высокоширотные о-ва (Фарерские острова): виды растений	Сценарий I/II: Повышение/ по-нижение температуры на 2°C Fosaa et al. (2004)	Изменения температуры почвы, снежного покрова и повышение градусов-дней	• Сценарий I: Виды, наиболее затронутые потеплением, ограничены наиболее высокогорными районами. Для других видов воздействие будет в основном ограничено миграцией в более высокогорные районы. • Сценарий II: Виды, затронутые похолоданием - это виды на более низких высотах.
3. Субантарктические о-ва Марион: экосистема	Собственные сценарии Smith (2002)	Проекция изменений температуры и осадков	• Изменения затронут непосредственно местную биоту. Еще большую угрозу представляет тот факт, что более теплый климат повысит легкость, с которой чужеродные виды могут захватить острова.
4. Пять островов Средиземноморского бассейна: Экосистемы	AIFI и B1 СДСВ Gritti et al. (2006)	Проникновение чужеродных растений по сценариям изменения климата и возмущений	• Воздействия изменения климата весьма малы во многих моделированных морских экосистемах. • Инвазии в островные экосистемы становится растущей проблемой. В долгосрочном плане в экосистемах будут доминировать экзотические растения, независимо от темпов возмущений.
5. Средиземноморье: Перелетные птицы (мухоловки-пеструшки - *Ficedula hypoleuca*)	Отсутствуют (модель GLM/ STATISTICA) Sanz et al. (2003)	Повышение температуры, изменение уровня воды и вегетационного индекса	• Некоторые компоненты приспособляемости мухоловки-пеструшки пострадают от изменения климата в двух самых южных европейских размножающихся популяциях, с неблагоприятными воздействиями на репродуктивные результаты мухоловки-пеструшки.
6. Тихий океан и Средиземноморье: Сиамские водоросли *(Chromolaena odorata)*	Отсутствуют (модель CLIMEX) Kriticos et al.(2005)	Увеличение влаги, стресс, вызванный холодом, теплом и сухостью	• Тихоокеанские острова под угрозой инвазии сиамских водорослей. • Прогнозируется, что средиземноморские районы с полузасушливым и умеренным климатом недоступны для инвазии.
7. Малые острова Тихого океана: Эрозия берегов, водные ресурсы и поселения человека	A2 и B2 СДСВ Всемирный банк (2000г.)	Изменения температуры и количества осадков и повышение уровня моря	• Ускоренная эрозия берегов, проникновение соленых вод в пресноводные линзы и увеличение затопления со стороны моря вызовут большие воздействия на поселения человека. • Уменьшение осадков вместе с ускоренным повышением уровня моря усугубит угрозу для водных ресурсов; сокращение среднего количества осадков на 10% к 2050г., *вероятно*, будет соответствовать уменьшению на 20% размеров пресноводных линз на атолле Тарава, Кирибати.

Регион* и система, подвергающая ся риску	Сценарий и ссылка	Изменение параметров	Воздействия и уязвимость
8. Американские о-ва Самоа; 15 других тихоокеанских о-вов: Мангровые леса	Повышение уровня моря на 0,88 м к 2100 г. Gilman et al. (2006)	Проекция повышения уровня моря	• Потеря 50% площади мангровых лесов на американских о-вах Самоа; сокращение на 12% площади мангровых лесов на 15 других тихоокеанских о-вах.
9. Карибское море (о-в Бонайре, Нидерландские Антильские о-ва): Эрозия берегов и среды гнездования черепах	A1.A1FI, B1,A2, B2 СДСВ Fish et al. (2005)	Проекция повышения уровня моря	• В среднем до 38% (±24% стат. откл.) общих современных взморий могут быть утеряны при повышении уровня моря на 0,5 м, при этом более низкие и узкие взморья являются наиболее уязвимыми, что приведет к сокращению среды гнездования черепах на одну треть.
10. Карибский регион (о-в Бонайре, Барбадос): туризм	Отсутствуют Uyarra et al. (2005)	Изменения морской дикой природы, здоровья, особенностей суши и сотояния моря	• Индустрия, основанная на пляжном туризме, на Барбадосе и индустрия экотуризма, базирующаяся на погружениях аквалангистов на о-ве Бонайре, испытают отрицательное воздействие изменения климата из-за эрозии пляжей на Барбадосе и потери цвета кораллами на о-ве Бонайре.

природной защиты от повышения уровня моря и штормов;

- определение реакции высокогорных и внутриматериковых экосистем суши на изменения средней температуры и количества осадков и экстремальной температуры и количества осадков;
- ассмотрение вопроса о том, каким образом товарное сельскохозяйственное производство, лесоводство и рыбное хозяйство, а также натуральное сельское хозяйство, мелкое индивидуальное рыболовство и продовольственная безопасность будут затронуты сочетанием изменения климата и факторов неклиматического характера;
- расширение знаний о болезнях, чувствительных к изменению климата, на малых островах за счет национальных и региональных исследований – не только трансмиссивных болезней, но также кожных, респираторных болезней и болезней, передающихся через воду;
- учитывая разнообразие «типов островов» и местоположений, определение наиболее уязвимых систем и секторов в соответствии с типами островов.

В отличие от других регионов в этой оценке также отсутствуют надежные демографические и социально-экономические сценарии и проекции для малых островов. В результате, будущие изменения социально-экономических условий на малых островах недостаточно хорошо представлены в существующих оценках. Например без адаптации или смягчения последствий воздействия повышения уровня моря, более интенсивные штормы и другие изменения климата [РГII, 6.3.2] будут существенными, что позволяет предположить, что некоторые острова и низменные районы могут стать непригодными для жизни к 2100 г. [РГII, 16.5]

6

Меры по смягчению последствий изменения климата и вода

6.1 Введение

Связь между мерами по смягчению последствий изменения климата и водными ресурсами является взаимной. Меры по смягчению могут оказать влияние на водные ресурсы и их управление, и это важно понимать при разработке и оценке вариантов смягчения. С другой стороны, политика управления водными ресурсами и меры могут оказать влияние на выбросы парниковых газов (ПГ) и, таким образом, на соответствующие меры по смягчению по секторам; вмешательства в систему водных ресурсов могут привести к обратным результатам, если оценивать их с точки зрения смягчения последствий изменения климата.

Вопрос смягчения последствий рассматривался в ДО4 РГIII МГЭИК (Смягчение последствий), где обсуждались следующие семь секторов: энергоснабжение, транспорт и его инфраструктура, жилые и коммерческие здания, промышленность, сельское хозяйство, лесное хозяйство и утилизация отходов. Так как гидрологическим вопросам не было уделено внимание в таком же объеме, были упомянуты только общие взаимосвязи со смягчением последствий изменения климата, большинство из которых носили качественный характер. Однако другие доклады МГЭИК, такие как ТДО, также содержат информацию по этому вопросу.

Меры по смягчению в конкретных секторах могут оказывать различные воздействия на водные ресурсы, которые объясняются в разделах ниже (см. также табл. 6.1). Цифры в круглых скобках в заголовках подразделов соответствуют методам или вариантам смягчения по секторам, описанным в табл. 6.1.

6.2 Смягчение последствий по секторам

6.2.1 Улавливание и хранение двуокиси углерода (УХУ) (см. (1) в табл. 6.1)

Улавливание и хранение двуокиси углерода (CO_2) (УХУ) представляет процесс, состоящий из выбросов CO_2 из промышленных и энергетических источников, транспортировки к месту хранения и долговременной изоляции от атмосферы. Закачивание CO_2 в поровое пространство и разломы проницаемого пласта может привести к смещению флюида *в точке*, или CO_2 может раствориться во флюиде или смешаться с ним или вступить в реакцию с зернами минералов или может иметь место некоторая комбинация этих процессов. Так как CO_2 мигрирует через пласт, какая-то его часть растворится в пластовой воде. Как только CO_2 растворится в пластовом флюиде, он переносится региональным потоком грунтовых вод. Утечка CO_2 из негерметичных инжекционных скважин, ликвидированных скважин и утечка через сдвиги и неэффективные водоупорные слои может потенциально привести к ухудшению качества грунтовых вод; а высвобождение CO_2 обратно в атмосферу может также создать локальные проблемы для здоровья и безопасности. [РП, УХУ, 5.Р]

Важно отметить, что в данный момент нет полного понимания практичности, последствий или непреднамеренных последствий этой концепции поглощения углерода. Для того, чтобы избежать или смягчить воздействия потребуется тщательный выбор места, действенный нормативный надзор, соответствующая программа мониторинга и осуществление методов восстановления для прекращения или контроля выбросов CO_2. [УХУ, 5.Р, 5.2]

6.2.2 Биоэнергетические культуры (2)

Биоэнергия выгодна в плане смягчения за счет замены использования ископаемого топлива. [ЗИЗЛХ, 4.5.1] Однако крупномасштабное производство биотоплива вызывает вопросы по ряду проблем, включая требования к удобрениям и пестицидам, биогенный цикл, энергетические балансы, воздействия на биоразнообразие, гидрологию и эрозию, конфликты с производством продовольствия и уровень необходимых финансовых дотаций. [ЗИЗЛХ, 4.5.1] Производство энергии и потенциальные возможности смягчения ПГ целевых энергетических культур зависит от наличия земель, которые также должны отвечать требованиям к продовольствию и также охране окружающей среды, устойчивому управлению почвами и водными запасами и другим критериям устойчивости. В различных исследованиях были получены разные цифры потенциального вклада биомассы в будущее глобальное энергоснабжение - от менее 100 ЭДж/г до более 400 ЭДж/г в 2050 г. (Hoogwijk, 2004; Hoogwijk et al., 2005; Sims et al., 2006). В работе Смитса и др. (Smeets et al. (2007)) показано, что предельная техническая потенциальная возможность выращивания энергетических культур на имеющихся в настоящее время сельскохозяйственных землях при прогнозируемом технологическом прогрессе в сельском хозяйстве и животноводстве может дать более 800 ЭДж/г, не подвергая риску мировые запасы продовольствия. Различия между исследованиями в основном объясняются неопределенностью в наличии земель, урожайности энергетических культур и предположениями изменений в эффективности сельского хозяйства. В исследованиях с наибольшим прогнозируемым потенциалом предполагается, что будут использоваться не только деградированные земли/излишки земель, но также и земля, используемая в настоящее время для производства продовольствия, включая пастбищные земли (как указано в работе Смитса и др., 2007 г.). [РГIII, 8.4.4.2]

Сельскохозяйственные методы смягчения последствий ПГ могут в некоторых случаях интенсифицировать водопользование, сокращая при этом речной сток в русле или запасы грунтовых вод (Unkovich, 2003; Dias de Oliveira et al., 2005). Например, биоэнергетические посадки с высокой продуктивностью, вечнозеленые, с глубоким укоренением в целом имеют более высокое водопользование, чем почвенно-растительный покров, который они заменяют (Berndes and Borjesson, 2002; Jackson et al., 2005). Некоторые виды деятельности могут повлиять на качество воды за счет увеличения вымывания пестицидов и питательных веществ (Machado and Silva, 2001; Freibauer et al., 2004). [РГIII, 8.8]

Сельскохозяйственные методы смягчения последствий, которые отвлекают продукцию для альтернативного использования (например, биоэнергетические культуры), могут вызвать преобразование лесов в пахотные земли

Таблица 6.1: *Влияние вариантов смягчения по конкретным секторам (или их последствий) на качество, количество и уровень воды. Положительные воздействия на водные ресурсы обозначены [+]; отрицательные воздействия [-]; и неопределенные воздействия [?]. Цифры в круглых скобках относятся к примечаниям, а также к номерам подразделов в разделе 6.2.*

Водный аспект	Энергия	Здания	Промышленность	Сельское хозяйство	Леса	Отходы
Качество						
Химический/ биологический	УХУ(1) [?] Виды биотоплива(2) [+/-] Геотермальная энергия (5) [-] Нетрадиционные виды нефти(13) [-]		УХУ(1) [?] Очистка сточных вод(12) [-] Электричество из биомассы(3) [-/?]	Изменение в землепользовании и управление(7) [+/-] Управление пахотными землями (использование воды)(8)[+/-]	Облесение (поглотители(10) [+]	Утилизация твердых отходов; Очистка сточных вод(12) [+/-]
Температура	Электричество из биомассы(3) [+]			Управление пахотными землями (ограниченная вспашка)(9) [+/-]		
Количество						
Обеспечение/ спрос	Гидроэлектроэнергия(4) [+/-] Нетрадиционные виды нефти(13) [-] Геотермальная энергия(5) [-]	Использование энергии в зданиях(6) [+/-]		Изменение в землепользовании и управление(7) [+/-] Управление пахотными землями (использование воды)(8) [-]	Облесение(10) [+/-.] Предотвращение/ уменьшение обезлесения(11) [+]	Очистка сточных вод (12) [+]
Поток/сток/ пополнение	Виды биотоплива(2) [+/-] Гидроэлектроэнергия(4) [+/-]			Управление пахотными землями (ограниченная вспашка) (9) [+]		
Уровень воды						
Поверхностные воды	Гидроэлектроэнергия(4) [+/-]			Изменение в землепользовании и управление(7) [+/-]		
Грунтовые воды	Геотермальная энергия(5) [-]			Изменение в землепользовании и управление(7) [+/-]	Облесение(10) [-]	

Примечания:

(1) Улавливание и хранение двуокиси углерода (УХУ) под землей представляет потенциальный риск для качества грунтовых вод; хранение в глубоководных районах моря (ниже глубины воды в 3000 м и нескольких сотен метров осадков) представляется наиболее безопасным вариантом.

(2) Расширение биоэнергетических культур и лесов может вызвать такие отрицательные воздействия, как увеличение потребности в воде, загрязнение подземных вод и способствование изменениям в землепользовании, ведущим к косвенным влияниям на водные ресурсы; и/или положительные воздействия путем уменьшения вымывания биогенных веществ, почвенной эрозии, стока и отложения наносов ниже по течению.

(3) Электричество из биомассы: в общем, более высокий вклад возобновляемой энергии (по сравнению с электростанциями на ископаемом топливе) означает уменьшение сброса воды охлаждения в поверхностные воды.

(4) Необходимо принять во внимание воздействие на окружающую среду и многочисленные выгоды гидроэлектроэнергии для любого данного развития; они могут быть или положительными или отрицательными.

(5) Использование геотермальной энергии может привести к загрязнению, оседанию почвы и в некоторых случаях притязаниям на имеющиеся водные ресурсы.

(6) Использование энергии в строительном секторе может быть уменьшено с помощью различных подходов и мер с положительными и отрицательными воздействиями.

(7) Изменение в землепользовании и управлении землепользованием может оказать влияние на качество поверхностных и грунтовых вод (например, за счет увеличения или уменьшения вымывания биогенных веществ и пестицидов) и (локальный) гидрологический цикл (например, более высокое использование воды).

(8) Сельскохозяйственная деятельность для смягчения последствий может иметь как положительные, так и отрицательные воздействия на сохранение воды и на ее качество.

(9) Сокращение пашни содействует повышению эффективности водопользования.

(10) Облесение, в общем, улучшает качество грунтовых вод и уменьшает почвенную эрозию. Оно влияет как на водосбор, так и на региональные гидрологические циклы (сглаженный гидрограф, уменьшение, следовательно, стока и паводков). Облесение, в общем, обеспечивает более хорошую защиту водораздела, но за счет водоотдачи поверхностных вод и пополнения водоносного слоя, что может быть важно для полузасушливых и засушливых регионов.

(11) Прекращение/замедление обезлесения и деградации лесов сохраняет водные ресурсы и предотвращает паводки, уменьшает сток, контролирует эрозию и уменьшает речные наносы.

(12) Различные технологии утилизации отходов и контроля и очистки сточных вод могут как уменьшить выбросы ПГ, так и оказать положительные воздействия на окружающую среду, но они могут вызвать загрязнение воды в случае неправильно спроектированных или управляемых объектов.

(13) Так как запасы обычной нефти истощаются, а затраты на ее добычу растут, нетрадиционные виды жидкого топлива станут экономически более привлекательными, однако это будет уравновешиваться более большими расходами на охрану окружающей среды (высокий спрос на воду, расходы на санитарные мероприятия).

в разных местах. Наоборот, рост продуктивности на существующих пахотных землях может «сберечь» некоторые леса или лугопастбищные угодья (West and Marland, 2003; Balmford et al., 2005; Mooney et al., 2005). Суммарный эффект такого компромисса для биоразнообразия и других экосистемных услуг пока еще полностью не определен в количественном плане (Huston and Marland, 2003; Green et al., 2005). [РГIII, 8.8]

Если биоэнергетические плантации имеют соответствующее расположение, структуру и управление, они могут уменьшить вымывание питательных веществ и почвенную эрозию и оказать дополнительные экологические услуги, такие, как накопление углерода в почве, улучшение плодородности почвы и удаление кадмия и других тяжелых металлов из почв или отходов. Они также могут увеличить рециркуляцию биогенных веществ, помочь в очистке богатых биогенными веществами сточных вод и шлама и обеспечить места обитания для биоразнообразия в сельском ландшафте (Berndes and Borjesson, 2002; Berndes et al., 2004; Borjesson and Berndes, 2006). [РГIII 8.8] В случае лесонасаждений для получения биотоплива, отрицательных воздействий на окружающую среду можно избежать за счет хорошего планирования проектов. Польза для окружающей среды включает среди прочего, уменьшение деградации почв, водного стока и заиливания вниз по течению и захвата загрязняющего сельскохозяйственного стока. [ЗИЗЛХ, Изложение фактов, 4.21]

6.2.3 Электричество из биомассы (3)

Негидравлические технологии снабжения возобновляемой энергией, особенно солнечной, ветровой, геотермальной и энергией биомассы в настоящее время, в целом, вносят небольшой вклад в глобальное тепло- и электроснабжение, однако он очень быстро растет, хотя и с низкого уровня. Рост электричества из биомассы ограничен вследствие стоимости, а также общественных и экологических барьеров. [РГIII, 4.P] Для конкретного случая получения электричества из биомассы любые объемы биомассы, требуемые сверх имеющихся сельскохозяйственных и лесных остатков [РГIII, главы 8 и 9], необходимо выращивать со специальной целью, что может быть ограничено наличием земельных участков и водных ресурсов. Имеется значительная неопределенность, однако во всех регионах должна быть возможность достаточного производства для удовлетворения потребности в дополнительной выработке биоэнергии в размере 432 ТВт/г к 2030 г., как прогнозируется в этом анализе. [РГIII, 4.4.4] В общем, замена ископаемых видов топлива биомассой в производстве электричества сократит количество охлажденной воды, сбрасываемой в поверхностные водотоки.

6.2.4 Гидроэлектроэнергия (4)

Системы возобновляемой энергии, такие, как гидроэлектроэнергия, могут внести вклад в безопасность энергоснабжения и охрану окружающей среды. Однако строительство гидроэлектростанций может также оказать воздействие на существующие речные экосистемы и рыбный промысел в результате изменений в характере течения (гидрограф) и потерь воды на испарение (в случае гидроэлектростанций на основе плотины). Воздействие может быть также вызвано социальными нарушениями. И, наконец, проблемы могут возникнуть из-за обеспеченности воды для судоходства (глубина воды). Положительными эффектами являются регулирование стока, борьба с паводками и обеспечение водой для орошения во время сухих сезонов. Кроме того, гидроэлектроэнергия не требует воды для охлаждения (как в случае тепловых электростанций) или, как в случае био-топлива, для выращивания. Примерно 75% водохранилищ в мире были построены для систем орошения, борьбы с паводками и городского водоснабжения, и некоторые из них можно было несколько модернизировать для выработки электроэнергии без дополнительных воздействий на окружающую среду. [РГIII, 4.3.3]

На долю крупных (>10 МВт) гидроэлектрических систем приходилось более 2 800 ТВт ч потребительской энергии, и они обеспечили в 2004 г. 16% глобального электричества (90% возобновляемого электричества). Осуществляемые проекты строительства гидроэлектростанций могут увеличить долю гидроэлектричества примерно на 4,5% по их окончании, и могут быть начаты новые проекты для экономичной выработки еще 6 000 ТВт/г и более электричества, главным образом в развивающихся странах. Реконструкция существующих станций с более мощными и эффективными конструкциями турбин может быть экономически выгодной независимо от масштаба станции. [РГIII, 4.3.3.1].

Небольшие (<10 МВт) и микро (<1 МВт) гидроэнергетические системы, обычно с прямоточной системой водоснабжения, обеспечивали выработку электричества для многих сельских общин в развивающихся странах, таких, как Непал. Их производительная мощность в настоящее время неопределенна, при этом прогнозы меняются от 4 ТВт/г до 9% общей выработки электроэнергии на уровне 250 ТВт/г. Глобальный технический потенциал небольших и микрогидроэлектростанций составляет порядка 150-200 ГВт, при наличии многих неэксплуатируемых ресурсных участков. [РГIII, 4.3.3.1]

Многие выгоды гидроэлектричества, включая создание ресурсов для орошения и водоснабжения, быстрое реагирование на колебания потребностей системы водоснабжения из-за пиков и нестационарные источники возобновляемой энергии, рекреационные озера и борьба с паводками, а также отрицательные аспекты – все это нуждается в оценке для любого данного типа развития. [РГIII, 4.3.3.1]

6.2.5 Геотермальная энергия (5)

Геотермальные ресурсы использовались длительное время для прямого отбора тепла с целью теплоснабжения городских районов, промышленной обработки, бытового нагревания воды и отопления помещений, применений для отдыха и бальнеолечения. [РГIII, 4.3.3.4]

Геотермальные поля природного пара встречаются редко и представляют собой в основном смесь пара и горячей

воды, требующей наличия системы однократного или двукратного испарения для отделения горячей воды, которая может затем использоваться в двухконтурных геотермальных электростанциях или для прямого нагревания. Обратная закачка жидкостей поддерживает постоянное давление в резервуаре, повышая продолжительность существования поля и уменьшая проблемы воздействия на окружающую среду. [РГIII, 4.3.3.4]

Озабоченность в области устойчивости, касающаяся просадки почвы, темпов отбора тепла, превышающих природное восполнение (Bromley and Currie, 2003), химического загрязнения водотоков (например, мышьяком) и связанных с этим выбросов CO2, привели к отказу в выдаче разрешений для ряда геотермальных электростанций. Частично, эту проблему можно преодолеть за счет методов закачки. Технология более глубокого бурения может помочь в разработке повсеместно изобилующих сухих нагретых пород, где вода закачивается в искусственно раздробленную породу, и тепло отбирается в виде пара. Однако в то же время это означает притязание на имеющиеся водные ресурсы. [РГIII, 4.3.3.4]

6.2.6 Использование энергии в зданиях (6)

Испарительная система охлаждения в качестве меры по смягчению последствий означает значительную экономию ежегодно используемой энергии на охлаждение для зданий. Однако этот тип охлаждения создает дополнительную нагрузку на имеющиеся водные ресурсы. Использование энергии для охлаждения может быть уменьшено за счет различных мер, например уменьшения нагрузки для охлаждения через форму здания и ориентацию. Уменьшение этой энергии означает в случае использования воды для охлаждения более низкую потребность в воде. [РГIII, 6.4.4]

6.2.7 Изменения в землепользовании и управление землепользованием (7)

В соответствии с Руководством МГЭИК по эффективной практике для ЗИЗЛХ имеется шесть широких категорий землепользования: лесные угодья, пахотные земли, лугопастбищные угодья, водно-болотные угодья, населенные пункты и другие. Изменения в землепользовании (например, превращение пахотных земель в лугопастбищные угодья) могут привести к суммарным изменениям в запасах углерода и к различным воздействиям на водные ресурсы. В отношении изменений в землепользовании, кроме преобразования земель в лесные угодья (как описано в разделе 6.2.10), предыдущие документы МГЭИК содержат очень мало ссылок на их воздействия на водные ресурсы. Восстановление водно-болотных угодий, что является одним из основных видов деятельности по смягчению последствий в сельском хозяйстве [РГIII, 8.4.1.3], приводит к улучшению качества воды и уменьшению паводков. [ЗИЗЛХ, табл. 4.10] Выведение из хозяйственного использования земель, являющееся другим видом деятельности по смягчению последствий, определенной РГIII, может оказать положительные воздействия как на сохранение воды, так и на ее качество. [РГIII, табл. 8.12]

Практическая деятельность по управлению земельными ресурсами, осуществляемая для смягчения последствий изменения климата, может также оказать различные воздействия на водные ресурсы. Многие практические методы, пропагандируемые для сохранения углерода в почве – ограниченная вспашка, увеличение растительного покрова, большее использование многолетних культур – также предотвращают эрозию, принося возможные выгоды для улучшения качества воды и воздуха (Cole et al., 1993). Эти виды деятельности могут также иметь другие потенциальные отрицательные эффекты, по меньшей мере, в некоторых регионах или условиях. Возможные эффекты включают повышенное загрязнение грунтовых вод биогенными веществами или пестицидами за счет вымывания при ограниченной вспашке (Cole et al., 1993; Isensee and Sadeghi, 1996). Эти возможные отрицательные эффекты, однако, не получили широкого подтверждения или количественной оценки, и неопределенной является степень, до которой они могут уравновесить выгоды от поглощения углерода для окружающей среды. [РГIII, ТДО, 4.4.2]

Группа практических методов, известных как интенсификация сельского хозяйства (Lai et al., 1999; Bationo et al., 2000; Resck et al., 2000; Swamp et al., 2000), включая методы, увеличивающие продуктивность и поступление растительных остатков в почву (севообороты, сокращение чистого пара, запашные культуры, высокопродуктивные сорта, комплексные меры по борьбе с вредителями, соответствующее внесение удобрений, органических удобрений, орошение, регулирование уровня водного зеркала, управление в зависимости от местных условий и пр.), дает многочисленные побочные выгоды, наиболее важными из которых являются повышение и поддержание производства продовольствия. Польза для окружающей среды может включать борьбу с эрозией, сохранение водных ресурсов, улучшение качества воды и уменьшение отложения наносов в водохранилищах и водотоках. На качество почвы и воды вредное воздействие оказывает беспорядочное использование сельскохозяйственных ресурсов и воды для орошения. [ЗИЗЛХ, Изложение фактов, 4.1]

Контроль за внесением питательных веществ для эффективного использования удобрений оказывает положительное влияние на качество воды. [РГIII, табл. 8.12] Кроме того, практическая деятельность по уменьшению выбросов N2O часто улучшает эффективность использования азота из этих и других источников (например, органических удобрений), и, таким образом, также сокращает выбросы ПГ при производстве удобрений и предотвращаетя вредные воздействия азотных загрязняющих веществ на качество воды и воздуха (Dalai et al., 2003; Paustian et al., 2004; Oenema et al., 2005; Olesen et al., 2006). [РГIII, 8.8]

Системы агролесоводства (посадка деревьев на пахотных землях) может обеспечить многочисленные выгоды, включая энергию для сельских общин при совместных усилиях в области устойчивого развития и смягчения последствий выбросов ПГ. [ЗИЗЛХ, 4.5.1] Тем не менее, агролесоводство может иметь отрицательные воздействия на сохранение водных ресурсов. [РГIII, табл. 8.12]

6.2.8 Управление пахотными землями (использование воды) (8)

Практические методы, используемые в сельском хозяйстве, которые способствуют смягчению влияния парниковых газов, могут оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на сохранение воды и на ее качество. Там, где принимаемые меры содействуют эффективности водопользования (например, ограниченная вспашка), они обеспечивают потенциальные выгоды. Но в некоторых случаях эти методы могут интенсифицировать водопользование, уменьшая таким образом русловой речной сток или запасы грунтовых вод (Unkovich, 2003; Dias de Oliveira et al., 2005). Управление посадками риса оказывает, в целом, положительное воздействие на качество воды за счет сокращения количества химических загрязняющих веществ в дренажной воде. [РГIII, табл. 8.12]

6.2.9 Управление пахотными землями (ограниченная вспашка) (9)

Противоэрозийная вспашка почвы является общим термином, который включает широкий круг приемов обработки почвы, а именно - рыхлительный культиватор, гребневую обработку почвы, полосную обработку почвы, обработку почвы с образованием мульчирующего слоя и нулевую обработку почвы (CTIC, 1998). Применение противоэрозийной вспашки почвы имеет многочисленные дополнительные выгоды. Важными среди этих выгод являются управление водными ресурсами и борьба с эрозией ветра, сохранение воды, увеличение водоудерживающей способности, уменьшение уплотнения грунтов, повышение устойчивости почвы к поступлениям химических веществ, улучшение качества почвы и воздуха, повышение биоразнообразия почв, сокращение использования энергии, улучшение качества воды, ограничение заиливания водохранилищ и водотоков, и, по возможности, одновременное возделывание двух культур. В некоторых районах (например, Австралия), увеличение вымывания в результате большей водоудерживающей способности при противоэрозийной вспашке почвы сможет вызвать склоновое засоление почв. [ЗИЗЛХ, Изложение фактов, 4.3]Важные вторичные выгоды применения противоэрозийной вспашки почвы включают сокращение почвенной эрозии, улучшение качества воды, повышение эффективности использования топлива и увеличение продуктивности культур. [ЗИЗЛХ, 4.4.2.4] Управление обработкой почвы/пожнивными остатками оказывает положительные воздействия на сохранение воды. [РГIII, табл. 8.12]

6.2.10 Облесение или лесовозобновление (10)

В целом ожидается, что леса потребляют больше воды (сумма транспирации и испарения воды, перехваченной кронами деревьев), чем сельскохозяйственные культуры, луга или природная низкотравная растительность. Этот эффект, происходящий на землях, которые подвергаются облесению или лесовозобновлению, может быть связан с увеличением потери на перехват, особенно там, где полог влажный большую часть года (Calder, 1990), или в засушливых регионах с развитием более массивных корневых систем, которые позволяют извлекать и использовать воду во время продолжительных сухих сезонов. [ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.4]

Потери на перехват являются самыми большими в лесах с большими лиственными участками в течение всего года. Таким образом, такие потери имеют тенденцию быть больше для вечнозеленых лесов по сравнению с лиственными лесами (Hibbert, 1967; Schulze, 1982), и можно ожидать, что они будут больше для быстрорастущих лесов с высокими коэффициентами хранения углерода, чем для медленно растущих лесов. Поэтому облесение быстрорастущими хвойными деревьями на нелесистых землях обычно уменьшает сток воды с водосборов и может вызвать нехватку воды в период засух (Hibbert, 1967; Swank and Douglass, 1974). Винсент (Vincent (1995)), например, обнаружил, что посадка сосновых видов с высокой потребностью в воде для восстановления деградированных тайских водоразделов значительно сократила русловые стоки во время сухих сезонов по сравнению с первоначальными лиственными лесами. Несмотря на то, что леса понижают средние потоки, они могут уменьшить максимальные стоки и увеличить стоки во время сухих сезонов в связи с тем, что лесистые земли характеризуются лучшей инфильтрационной способностью и высокой способностью удерживать воду (Jones and Grant, 1996). Леса также играют важную роль в улучшении качества воды. [ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.4]

Во многих регионах мира, где леса растут выше мелководных зеркал соленых вод, уменьшение водопользования после обезлесения может вызвать поднятие уровня водного зеркала и вынести соль на поверхность (Morris and Thomson, 1983). В таких ситуациях значительное потребление воды деревьями (например, в результате облесения или лесовозобновления) может оказаться полезным (Schofield, 1992). [ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.4]

В сухих тропиках лесопосадки часто потребляют больше воды, чем низкорослая растительность, так как деревья могут иметь доступ к воде на большей глубине и испарять больше перехваченной воды. Вновь посаженные леса могут потреблять больше воды (за счет транспирации и перехвата), чем ежегодное количество дождевых осадков, извлекая подземные запасы воды (Greenwood et al., 1985). Поэтому обширное облесение или лесовозобновление в сухих тропиках может оказать серьезное воздействие на запасы грунтовых вод и речные потоки. Однако менее ясно, увеличит ли замена природных лесов посадками даже экзотических видов водопользование в тропиках при отсутствии изменения в корневой глубине или устьичного поведения древесных пород. В засушливой зоне Индии потребление воды посадками *эвкалиптов (Eucalyptus)* аналогично потреблению аборигенных сухих лиственных лесов: оба вида лесов в основном потребляют всю годовую сумму осадков (Calder, 1992). [ЗИЗЛХ, 2.5.1.1.4]

Облесение и лесовозобновление, как и охрана лесов, могут также оказывать выгодные гидрологические воздействия. После облесения во влажных районах объем прямого стока первоначально быстро уменьшается, а затем постепенно становится постоянным, и грунтовый сток медленно увеличивается по мере увеличения возраста посадок до момента достижения зрелости (Fukushima, 1987; Kobayashi,

1987), что свидетельствует о том, что лесовозобновление и облесение помогают уменьшать масштабы наводнений и способствовать сохранению водных ресурсов. В районах с ограниченными водными ресурсами облесение, особенно, насаждение видов с высокой потребностью в воде, может вызвать значительное уменьшение руслового стока, затрагивая обитателей бассейна (Le Maitre and Versfeld, 1997) и уменьшая поток воды в другие экосистемы и реки, воздействуя таким образом на водоносные слои и их пополнение (Jackson et al., 2005). Кроме того, некоторые возможные изменения в свойствах почв в основном вызываются изменениями в гидрологии. Выгоды облесения с точки зрения гидрологии могут потребовать отдельной оценки для каждого участка. [РГIII, ТДО, 4.4.1]

Положительные социально-экономические выгоды, такие, как достаток или создание рабочих мест, должны уравновешиваться потерей благосостояния в результате уменьшения имеющейся воды, пастбищ, природных ресурсов и сельскохозяйственных земель. Облесение земли, подвергшейся ранее эрозии или какой-либо деградации, может оказать суммарное положительное воздействие на окружающую среду; в водосборных бассейнах, где водоотдача большая или нет интенсивного использования, сокращение руслового стока может не иметь большого значения. [ЗИЗЛХ, 4.7.2.4]

6.2.11 Предотвращение/ограничение обезлесения (11)

Прекращение или замедление обезлесения и вырождения лесов (утрата плотности углерода) и устойчивое управление лесными хозяйствами могут внести значительный вклад в предотвращение выбросов, сохранение водных ресурсов и предотвращение затоплений, уменьшение стока, борьбу с эрозией, уменьшение заиления рек, охрану рыбных ресурсов и инвестиции в объекты гидроэнергетики; и, одновременно, в сохранение биоразнообразия (Parrotta, 2002). [РГIII, 9.7.2]

Сохранение лесов сберегает водные ресурсы и предотвращает затопление. Например, ущерб от наводнения в Центральной Америке, вызванного ураганом Митч, безусловно, был выше из-за сокращения лесного покрова. Леса, уменьшая сток, сдерживают эрозию и минерализацию воды. Соответственно, сохранение лесного покрова может уменьшить заиление рек, сохраняя при этом рыбные ресурсы и инвестиции в гидроэлектростанции (Chomitz and Kumari, 1996). [РГIII, ТДО, 4.4.1]

Обезлесение и деградация высокогорных водосборов могут нарушить гидрологические системы в результате замены круглогодичных потоков воды на участках в нижнем течении режимами паводков и засух (Myers, 1997). Несмотря на частую синергию между деятельностью по увеличению хранения углерода через облесение, лесовозобновление и обезлесение (ОЛО) и другими желательными соответствующими воздействиями, нельзя применить какие-либо общие правила; воздействия должны оцениваться индивидуально для каждого конкретного случая. Соответствующие воздействия могут часто быть значительными, и на общую желательность конкретного вида деятельности по ОЛО может оказываться большое влияние их соответствующими воздействиями. [ЗИЗЛХ, 3.6.2]

6.2.12 Утилизация твердых отходов; очистка сточных вод (12)

Контролируемые свалки мусора (с улавливанием газа или без улавливания и утилизацией) регулируют и уменьшают выбросы ПГ, но они могут оказывать отрицательные воздействия на качество воды в случае неправильного управления участками свалок. Это также касается аэробной биохимической очистки (компостирование) и анаэробной биохимической очистки (анаэробное дигерирование). Переработка, повторное использование и минимизация отходов могут иметь отрицательное влияние на удаление мусора с открытых свалок, при этом потенциальным последствием может быть загрязнение воды. [РГIII, табл. 10.7]

При эффективном применении технологии отведения и очистки сточных вод сокращают или ликвидируют производство и выбросы ПГ. Кроме того, управление отведением и очисткой сточных вод обеспечивает сохранение воды за счет предотвращения загрязнения из неочищенных сбросов в поверхностные воды, грунтовые воды, почву и прибрежные зоны, уменьшая, таким образом, объем загрязняющих веществ, и при этом требует небольшой объем воды для очистки. [РГIII, 10.4.6]

Очищенные сточные воды могут или повторно использоваться или сбрасываться, однако повторное использование является наиболее желательным вариантом для сельскохозяйственного или садового орошения, рыбоводного хозяйства, искусственного пополнения водных горизонтов или применений в промышленности. [РГIII, 10.4.6]

6.2.13 Нетрадиционные виды нефти (13)

Так как обычные запасы нефти становятся скудными, а затраты на их добычу возрастают, нетрадиционные виды жидкого топлива будут становиться экономически более привлекательными, хотя это и уравновешивается ростом затрат на экологию (Williams et al., 2006). Добыча полезных ископаемых и повышение сортности нефтяного сланца и нефтяных песков требует обеспечения большим количеством воды. Технологии для извлечения нефтяного песка включают добычу открытым способом (на поверхности), там, где залежи находятся достаточно близко от поверхности, или закачивание пара в скважины в точке для уменьшения вязкости нефти перед ее извлечением. В процессе добычи используется примерно 4 литра воды для получения одного литра нефти, однако производится продукт, пригодный для переработки. Процесс в точке использует около двух литров воды для одного литра нефти, но очень тяжелый нефтепродукт нуждается в очистке и разбавлении (обычно с помощью лигроина) на нефтеперерабатывающем заводе или в отправке на установку для обогащения для получения синтетической нефти при эффективности использования энергии около 75% (NEB, 2006). Эффективность использования энергии при обогащении нефтяного песка составляет примерно 75%. Добыча нефтяных песков оставляет после себя большое количество загрязняющих веществ и площади с нарушенным покровом. [РГIII, 4.3.1.4]

Табл. 6.2: *Влияние управления водными ресурсами на выбросы ПГ по секторам. Увеличение выбросов ПГ обозначено [-] (так как это подразумевает отрицательное воздействие), а уменьшение выбросов ПГ- [+]. Цифры в круглых скобках относятся к примечаниям, а также к номерам подразделов в разделе 6.3.*

Сектор	Качество		Количество		Уровень воды	
	Химическое/ биологическое	Температура	Средняя потребность	Почвенная влага	Поверхностные воды	Грунтовые воды
Энергия		Геотермальная энергия(7) [+]	Гидроплотины(1) [+/-] Орошение(2) [-] Геотермальная энергия(7) [+] Опреснение(6) [-]		Гидроплотины(1) [+/-I	
Сельское хозяйство			Гидроплотины(1) [-]	Орошение(2) [+/-] запашка остатков растений(3) [+]		Дренаж пахотных земель(4) [+/-]
Отходы	Очистка сточных вод(5) [+/-]					

Примечания:
(1) Гидроэлектроэнергия не требует использования ископаемого топлива и является важным источником возобновляемой энергии. Однако в последнее время факт выброса ПГ водохранилищами гидроэлектростанций поставлен под сомнение. В частности, проблемой является метан.
(2) Применение более эффективных мер для орошения может увеличить хранение углерода в почвах за счет увеличения урожайности и запашки остатков растений , но некоторые их этих преимуществ могут быть нарушены выбросами $C0_2$ из энергетических источников, использованных для доставки воды. Орошение также может вызвать дополнительные выбросы CH_4 и N_20, в зависимости от обстоятельств каждого случая.
(3) Запашка остатков растений в поле для улучшения способности задерживать воду будет удалять углерод благодаря повышению урожайности культуры и понижению респирации почвы.
(4) Дренаж сельскохозяйственных земель в гумидных регионах может содействовать продуктивности (и, таким образом, сохранению содержания углерода в почве) и, возможно, также блокированию выбросов N_20, улучшая таким образом аэрацию. Однако любая потеря азота в результате дренажа может происходить в виде потери N_2O.
(5) В зависимости от конструктивных особенностей и управления системами (технологии очистки сточных вод и очистных сооружений), увеличение или уменьшение содержания CH_4 и N_2O – основных выбросы ПГ от сточных вод – могут происходить на всех стадиях от источника до места сброса; однако на практике большая часть выбросов происходит вверх по течению от места очистки.
(6) Опреснение требует использования энергии, и, таким образом, генерирует выбросы ПГ.
(7) Использование геотермальной энергии для целей отопления не должно вызывать выбросов ПГ, как в случае с другими методами производства энергии.

6.3 Воздействие политики и мер по управлению водными ресурсами на выбросы ПГ и смягчение последствий

Как показано в предыдущем разделе, практическая деятельность по смягчению последствий изменения климата может оказать воздействие на водные ресурсы. И наоборот, политика и меры по управлению водными ресурсами могут оказать влияние на выбросы ПГ, связанные с различными секторами, и таким образом на соответствующие меры по смягчению их последствий (табл. 6.2).

6.3.1 Гидроплотины (1)

Примерно 75% водохранилищ в мире были построены для систем орошения, регулирования паводков и городского водоснабжения. Выбросы парниковых газов меняются в зависимости от места водохранилища, удельной мощности (мощность на затопленную площадь), скорость стока и типа станции – на основе плотины или руслового водохранилища. В последнее время факт выброса парниковых газов водохранилищами гидроэлектростанций поставлен под сомнение. Показано, что некоторые водохранилища поглощают двуокись углерода на своей поверхности, но большая их часть выделяет небольшие количества ПГ, так как вода передает углерод в естественном углеродном цикле. Значительные выбросы метана были зарегистрированы в мелких платообразных тропических водохранилищах, где естественный углеродный цикл наиболее продуктивен, в то время как глубоководные водохранилища характеризуются меньшими выбросами. Метан естественных пойм и водно-болотных угодий может блокироваться, если они затапливаются новым водохранилищем, так как метан окисляется по мере поднятия в водном столбе. Образование метана в пресной воде включает побочный продукт – соединения углерода (фенольную и гумусовую кислоты), которые эффективно связывают участвующий углерод. Для мелких тропических водохранилищ необходимо провести дальнейшие исследования для определения той степени, до которой они могут повысить выбросы метана. [РГIII, 4.3.3.1]

Выбросы парниковых газов из водохранилищ из-за гниющей растительности и поступления углерода из водосборного бассейна являются недавно установленным воздействием плотин на экосистемы. Это не соответствует общепринятому мнению о том, что гидроэнергия оказывает только положительные

воздействия на атмосферу (например, сокращение выбросов CO_2 и окислов азота) при сравнении с обычными источниками выработки энергии (Всемирная комиссия по плотинам, 2000 г.).

Оценки жизненного цикла гидроэнергетических проектов, имеющиеся во время ДО4, показали низкие общие суммарные выбросы парниковых газов. Учитывая, что измерение постепенно возрастающих выбросов, связанных с антропогенной деятельностью, из пресноводных водохранилищ остается неопределенным, Исполнительный совет РКИК ООН исключил крупные гидроэнергетические проекты с крупными водохранилищами из своего Механизма чистого развития (МЧР). [РГIII, 4.3.3.1]

6.3.2 Орошение (2)

Примерно 18% мировых пахотных земель получают в настоящее время дополнительную воду через орошение (Оценка экосистем на рубеже тысячелетия, 2005a, b). Расширение этой площади (там, где позволяют запасы воды) или использование более эффективных мер орошения могут повысить объем хранения углерода в почве за счет увеличения урожайности и запашки пожнивных остатков (Follett, 2001; Lai, 2004). Однако частично эти выгоды могут быть уравновешены двуокисью углерода, образующейся в результате использования энергии для доставки этой воды (Schlesinger, 1999; Mosier et al., 2005), или выбросами N_2O вследствии более высокой влажности и образования азота из удобрений (Liebig et al., 2005), хотя воздействие последнего не оценивалось количественно в широком плане [РГIII, 8.4.1.1.d]. Расширение площади сильно увлажненных земель для выращивания риса может также вызвать увеличение выбросов метана из почвы (Yan et al., 2003). [РГIII, 8.4.1.1.e]

6.3.3 Запашка остатков растений (3)

Соперничество сорняков за воду является важной причиной неурожая культуры или уменьшения урожайности культур по всему миру. Передовые достижения в методах борьбы с сорняками и сельскохозяйственной технике в настоящее время позволяют выращивать многие культуры с минимальной вспашкой (ограниченная обработка почвы) или без вспашки (нулевая обработка почвы). Эти методы, которые приводят к сохранению остатков культур на поверхности почвы, что позволяет, таким образом, избегать расхода воды на испарение, в настоящее время все больше используются по всему миру (например, Cerri et al., 2004). Поскольку нарушение структуры почвы имеет тенденцию стимулировать потери почвенного углерода через повышение разложения и эрозии (Madari et al., 2005), земледелие с ограниченной или нулевой вспашкой часто приводит к увеличению содержания углерода в почве, хотя и не всегда (West and Post, 2002; Alvarez, 2005; Gregorich et al., 2005; Ogle et al., 2005). Применение ограниченной или нулевой обработки почвы может также оказать влияние на выбросы N_2O, но совокупные эффекты непостоянны и не всегда хорошо определяются количественно в глобальном плане (Cassman et al., 2003; Smith and Conen, 2004; Helgason et al., 2005; Li et al., 2005). Воздействие ограниченной вспашки на выбросы N_2O может зависеть от условий почвы и климата: в некоторых районах ограниченная вспашка способствует выбросам N_2O; в других районах она может сократить выбросы или не оказывать каких-либо измеримых влияний (Marland et al., 2001). Кроме того, системы с нулевой вспашкой могут уменьшить выбросы углекислого газа в результате использования энергии. (Marland et al., 2003; Koga et al., 2006). Системы, сохраняющие остатки культур, также имеют тенденцию повышать содержание углерода в почве, так как эти остатки являются исходным продуктом для органических веществ - основного запаса углерода в почве. Отказ от сжигания остатков (например, механизация сбора сахарного тростника, исключающая необходимость сжигания перед сбором урожая; Cerri et al., 2004), также позволяет избежать выбросов аэрозолей и ПГ, образующихся от огня, хотя выбросы двуокиси углерода от использования топлива могут вырасти. [РГIII, 8.4.1.1.c]

6.3.4 Дренаж пахотных земель (4)

Дренаж пахотных земель во влажных регионах может способствовать продуктивности (и отсюда сохранению углерода в почве) и, возможно, также блокирует выбросы N_2O, улучшая таким образом аэрацию (Monteny et al., 2006). Любая потеря азота через дренаж, может, однако, происходить также в виде потери N_2O (Reay et al., 2003). [РГIII, 8.4.1.1.d]

6.3.5 Очистка сточных вод (5)

Для CH_4, образующегося на свалках - самых больших источниках выбросов ПГ в секторе отходов, - выбросы продолжаются в течение нескольких десятилетий после сброса отходов, и, таким образом, оценка трендов выбросов требует применения моделей, которые включают временные тренды. CH4 также выделяется во время транспортировки сточных вод, процессов очистки стоков и утечек анаэробного сбраживания отходов или осадка сточных вод. Основным источником N_2O является очистка канализационных и сточных вод. [РГIII, 10.3.1]

Ожидается, что выбросы метана только из сточных вод возрастут почти на 50% в период между 1990 и 2020 гг., особенно в быстроразвивающихся странах восточной и южной частей Азии. Оценки глобальных выбросов N_2O из сточных вод являются неполными и основаны только на очистке отходов жизнедеятельности человека, но они указывают на увеличение на 25% в период между 1990 и 2020 гг. Важно, тем не менее, подчеркнуть, что это сценарии обычного хода деятельности, и фактические выбросы могут быть значительно меньше, если будут приняты дополнительные меры. Будущее сокращение выбросов в секторе отходов будет частично зависеть от наличия механизмов Киотского протокола после 2012 г., таких как МЧР. [РГIII, 10.3.1]

В развивающихся странах из-за быстрого роста населения и урбанизации без параллельного развития инфраструктуры по очистке сточных вод выбросы CH_4 и N_2O из сточных вод в общем выше, чем в развитых странах. Это можно видеть, изучая оценку 1990 г. в отношении выбросов метана и N_2O и прогнозируемые к 2020 г. тренды выбросов из сточных вод и отходов жизнедеятельности человека. [РГIII, 10.3.3]

Несмотря на то, что текущие выбросы ПГ из сточных вод ниже, чем из отходов, признается, что имеются значительные выбросы, которые количественно не определяются современными оценками, особенно из отстойников, туалетов, и неконтролируемые сбросы в развивающихся странах. Процессы децентрализованной «естественной» очистки и отстойники в развивающихся странах могут привести к относительно большим выбросам метана и N_2O, особенно, в Китае, Индии и Индонезии. Открытые сточные трубы или неофициальные отстойники сточных вод в развивающихся странах часто приводят к неконтролируемым сбросам в реки и озера, вызывая быстрый рост объемов сточных вод, происходящий одновременно с экономическим развитием. С другой стороны, туалеты с малым расходом воды (3-5 литров) и методы экологической санитарной очистки (включая экологические туалеты), где биогенные вещества безопасно возвращаются в оборот для продуктивного сельского хозяйства и окружающей среды, используются в Мексике, Зимбабве, Китае и Швеции. Они могли бы также применяться во многих развивающихся и развитых странах, особенно там, где имеется нехватка воды, нерегулярное водоснабжение, или там, где требуются дополнительные меры по сохранению водных ресурсов. Все эти меры также поощряют использование небольших систем по очистке сточных вод с уменьшенными нагрузками по биогенным веществам и пропорционально более низкими выбросами ПГ. [РГIII, 10.6.2] В целом, количественный показатель собранных и очищенных сточных вод растет во многих странах для поддержания и улучшения качества питьевой воды, а также для других выгод в области здравоохранения и охраны окружающей среды. Одновременно выбросы ПГ из сточных вод уменьшатся по сравнению с будущим увеличением сбора и очистки сточных вод. [РГIII, 10.6.2]

6.3.6 Опреснение (6)

В регионах с дефицитом воды, водоснабжение может осуществляться (частично) путем опреснения соленой воды. Такой процесс требует энергии, а это подразумевает образование выбросов ПГ в случае использования ископаемого топлива. [РГII 3.3.2]

6.3.7 Геотермальная энергия (7)

Использование геотермальной энергии для целей отопления не связано с образованием выбросов ПГ, как в случае с другими методами выработки энергии (см. также раздел 6.2.5).

6.4 Потенциальные конфликты в связи с водными ресурсами между адаптацией и смягчением последствий

Возможные конфликты между адаптацией и смягчением последствий могут возникнуть, вероятно, из-за водных ресурсов. Небольшое количество существующих исследований (например, Dang et al., 2003) указывает, что отдача от смягчения последствий для адаптации и *наоборот* является в основном незначительной на глобальном уровне, хотя она могут быть важной в региональном масштабе. В регионах, где изменение климата вызовет значительные сдвиги в гидрологическом режиме, но где еще имеются потенциальные возможности для гидроэнергии, это увеличит конкуренцию за водные ресурсы, особенно, если будут реализованы усилия по адаптации к изменению климата в различных секторах (соперничество за ресурсы поверхностных вод между орошением, с тем, чтобы справиться с воздействиями изменения климата в сельском хозяйстве, увеличением спроса на питьевую воду и воду для охлаждения в энергетическом секторе). Это подтверждает значение стратегий комплексного управления земельными и водными ресурсами для речных бассейнов, для обеспечения оптимального выделения скудных природных ресурсов (земля, вода). Кроме того, и смягчение последствий и адаптацию необходимо оценивать в одно и то же время, с явными компромиссными решениями для оптимизации экономических инвестиций, способствуя при этом устойчивому развитию. [РГII, 18.8,18.4.3]

Ряд исследований подтверждают потенциальные противоречия интересов между водоснабжением, регулированием паводков, гидроэнергией и минимальным русловым стоком (необходимых для целей экологии и качества воды) в изменяющихся климатических и гидрологических условиях (Christensen et al., 2004; Van Rheenen et al., 2004). [РГII, 18.4.3]

Адаптация к изменяющимся гидрологическим режимам и обеспеченности водой также потребует постоянного поступления дополнительной энергии. В регионах с дефицитом воды возрастающее повторное использование сточных вод и соответствующей очистки, выкачивание воды из глубоких скважин и особенно крупномасштабное опреснение повысят использование энергии в водном секторе (Boutkan and Stikker, 2004), способствуя таким образом выбросам ПГ, если только не будут использоваться варианты «экологически чистых видов энергии» для выработки необходимых энергетических ресурсов. [РГII, 18.4.3]

7

Последствия для политики и устойчивого развития

Изменение климата создает главную концептуальную проблему для управляющих водными ресурсами, водопользователей (например в сельском хозяйстве), а также для лиц, принимающих решения, в целом, поскольку нельзя более предполагать, что климатические и гидрологические условия прошлого сохранятся и в будущем. Водохозяйственная деятельность, вне всякого сомнения, оказывает влияние на многие другие сферы политики (например энергетику, здравоохранение, продовольственную безопасность, охрану природы). Вот почему оценка вариантов адаптации и смягчения воздействий изменения климата должна проводиться по самым разным секторам, зависящим от водных ресурсов.

Существенные изменения произошли за последние десятилетия во многих гидрологических переменных, однако чисто формальное объяснение наблюдаемых изменений природными или антропогенными причинами в настоящее время в целом невозможно. Проекции будущих осадков, почвенной влаги или стока в региональных масштабах заключают в себе значительную неопределенность. Во многих регионах модели расходятся в отношении знака прогнозируемых изменений. Тем не менее, некоторые устойчивые закономерности прослеживаются по всем климатическим модельным проекциям. Повышение количества осадков (и речного стока), *весьма вероятно*, произойдет в высоких широтах и в некоторых влажных тропиках (включая густонаселенные районы Восточной и Юго-Восточной Азии), а их уменьшение, *весьма вероятно*, на большей части средних широт и сухих тропиков [РГII, рис. 3.4]. Интерпретация и количественная оценка неопределенностей в последнее время стали более точными и разрабатываются новые методы (например, ансамблевые подходы) для их описания [РГII, 3.4, 3.5]. Вместе с тем количественные оценки изменений осадков, речных стоков и уровней воды в бассейновом масштабе остаются весьма неопределенными, так что связанные с изменением климата решения по планированию должны приниматься в контексте этой неопределенности. [РГII, ТР, 3.3.1, 3.4]

Эффективная адаптация к изменению климата происходит во временных и пространственных масштабах, включая принятие во внимание уроков, извлеченных из реагирования на климатическую изменчивость, в более долгосрочных мерах по снижению уязвимости и в рамках механизмов управления на уровнях от общин и водосборных бассейнов до международных соглашений. Продолжение инвестирования в адаптацию исключительно как ответную реакцию на исторический опыт, вместо того, чтобы исходить из прогнозируемых будущих условий, которые будут включать в себя как изменчивость, так и изменения, *вероятно*, может привести к большей уязвимости для климатических изменений во многих секторах [РГII, ТР,14.5]

7.1 Последствия для политики в разбивке по секторам

Управление водными ресурсами

- Водосборные бассейны, для которых важнейшую роль играет сезонный снежный покров, уже испытывают более ранний пиковый расход весной, и ожидается, что этот сдвиг будет продолжаться в условиях более теплого климата. В более низких высотах зимние осадки все чаще будут выпадать в виде дождя, а не снега. Во многих горных районах, например в тропических Андах и на многих горах Азии, там, где ледники дают основной сток в явно выраженные засушливые сезоны, запас воды в ледниках и снежном покрове, по проекциям, будет уменьшаться. Сток в теплый и засушливый сезоны возрастает по мере того как ледники сокращаются, однако после того, как они исчезнут, произойдет его резкое уменьшение. [РГII, 3.4.1]
- Районов, подверженных засухам, *вероятно*, станет больше, и явления экстремальных осадков, частота и интенсивность которых, *весьма вероятно*, возрастут, увеличат риск наводнений. До 20% населения мира проживает в речных бассейнах, которые, *вероятно*, будут подвергаться более высокой опасности наводнений к 2080-м годам по мере происходящего изменения климата. [РГII, 3.4.3]
- Полузасушливые и засушливые районы являются особенно уязвимыми в плане воздействия изменения климата на пресноводные ресурсы. Многие из этих районов (например, средиземноморский бассейн, западная часть США, южная часть Африки, северо-восточная часть Бразилии, южная и восточная часть Австралии) будут испытывать сокращение водных ресурсов вследствие изменения климата [РГII, вставка ТР 5, 3.4, 3.7]. Меры, направленные на то, чтобы компенсировать снижение доступности поверхностных вод вследствие большей изменчивости осадков, будут ослабляться тем, что пополнение подземных вод, по проекциям, существенно уменьшится в регионах, подверженных водному стрессу [РГII, 3.4.2], что будет еще более усугубляться повышенным спросом на воду [РГII, 3.5.1]
- Более высокая температура воды, повышенная интенсивность осадков и более длительные низкие стоки ведут к усилению многих видов загрязнения водных ресурсов, оказывая воздействие на экосистемы, здоровье человека и надежность водных систем, а также оперативные затраты [РГII, 3.2, 3.4.4, 3.4.5]
- Районы, в которых прогнозируется уменьшение стока, столкнутся с понижением ценности услуг, зависящих от водных ресурсов. Полезное воздействие от повышения годового стока в некоторых районах будет тормозиться отрицательными последствиями возросшей изменчивости осадков и сезонных изменений стока для обеспечения водой, качества воды и риска наводнений. [РГII, 3.4, 3.5]
- На глобальном уровне отрицательные воздействия изменения климата на пресноводные системы перевешивают ожидаемые выгоды [РГII, 3.4, 3.5]
- Отрицательные последствия климата для пресноводных систем усиливают воздействие других стрессов, таких, как рост населения, изменения в землепользовании и урбанизация. [РГII, 3.3.2, 3.5]. В глобальном масштабе в ближайшие десятилетия спрос на воду будет расти главным образом вследствие роста населения и повышения благосостояния [РГII, 3.5.1]
- Изменение климата повлияет на функционирование и работу существующей водохозяйственной инфраструктуры, а также практику управления водными ресурсами. Применяемые в настоящее время методы управления водными ресурсами,

весьма вероятно, будут недостаточны для того, чтобы уменьшить отрицательные последствия изменения климата для надежного обеспечения водой, продовольственной безопасности, здоровья, энергетики и водных экосистем [РГII, ТР 3.4, 3.5, 3.6]

- В настоящее время в некоторых странах и регионах (например Карибском регионе, Канаде, Австралии, Нидерландах, СК, США и Германии) разрабатываются способы адаптации и приемы управления рисками для водного сектора, которые учитывают неопределенность прогнозируемых гидрологических изменений, однако критерии по оценке их эффективности еще предстоит разработать. [РГII, 3.6]

Экосистемы

- Устойчивость многих экосистем и их способность адаптироваться естественным образом, *вероятно*, к 2100 г. будет превышена в результате беспрецедентной комбинации изменения климата, связанных с ним возмущений (например наводнений, засух, лесных пожаров) и других глобальных движущих факторов изменений (например изменений в землепользовании, загрязнения, чрезмерной эксплуатация ресурсов) [РГII, ТР].
- Более высокая изменчивость осадков, *вероятно*, будет представлять опасность для водно-болотных угодий вследствие сдвигов в сроках, продолжительности и глубине уровней воды [РГII, 4.4.8]
- Из всех экосистем пресноводные экосистемы содержат наибольшее количество видов, которым будет грозить вымирание в результате изменения климата. [РГII, 4.4.8]
- Используемые в настоящее время методы сохранения природы в большинстве случаев не рассчитаны на адаптацию к прогнозируемым изменениям в водных ресурсах в ближайшие десятилетия [РГII, 4.P]
- Эффективные адаптационные ответные меры, которые обеспечат сохранение биоразнообразия, а также другие экосистемные услуги, *вероятно*, будут дорогостоящими для осуществления, однако, если потребности сохранения водных ресурсов не будут учтены в адаптационных стратегиях, многие природные экосистемы и виды, которые ими поддерживаются, будут вымирать [РГII, 4.P, 4.4.11, таблица 4.1, 4.6.1., 4.6.2]

Сельское хозяйство, леса

- Участившиеся засухи и наводнения отрицательно сказываются на урожаях сельскохозяйственных культур и поголовье скота, причем воздействия оказываются более значительными и наблюдаются раньше, чем прогнозировалось на основе изменений одних только средних переменных. [РГII, 5.4.1, 5.4.2] Повышение частоты засух и наводнений отрицательно скажется на местном производстве, особенно отраслях, ориентированных на натуральное хозяйство, в низких широтах [РГII, РП]
- Влияние изменения климата на потребности в воде для орошения может оказаться весьма значительным. [РГII, 5.4]. Создание новых запасов, как поверхностных, так и подземных вод, может как-то смягчить дефицит воды, однако это не всегда осуществимо [РГII, 5.5.2].
- Фермеры, возможно, смогут частично приспособиться путем использования других сортов и/или изменения сроков посева однолетних культур и внедрения других стратегий. Возможный рост потребностей в воде следует учитывать при проектировании новых систем орошения и модернизации старых систем. [РГII, 5.5.1]
- Меры по борьбе с недостатком воды, такие, как повторное использование сточных вод в сельском хозяйстве, должны тщательно регулироваться с тем, чтобы избежать отрицательного воздействия на гигиену труда и продовольственную безопасность [РГII, 8.6.4]
- Односторонние меры, направленные на решение проблемы дефицита воды вследствие изменения климата, могут привести к соперничеству за водные ресурсы. Необходимо использовать международные и региональные подходы для разработки совместных решений [РГII, 5.7]

Прибрежные системы и низменные районы

- Подъем уровня моря приведет к увеличению площади подверженных засолению участков подземных вод и эстуариев, что повлечет за собой уменьшение доступных запасов пресной воды. [РГII, 3.2,3.4.2]
- Населенные пункты в низменных прибрежных районах, которые характеризуются низкой способностью к адаптации и/или существенной незащищенностью, испытывают более высокий риск, связанный с наводнениями и подъемом уровня моря. К таким районам относятся дельты рек, особенно мегадельты в Азии (например, Ганг-Брахмапутра в Бангладеш и западной Бенгалии), низменные прибрежные районы городской застройки, особенно районы, подверженные естественному или антропогенному оседанию и оползням от тропических бурь (например, Новый Орлеан, Шанхай) [РГII, 6.3,6.4]

Промышленность, населенные пункты и общество

- Инфраструктура, а именно городские системы водоснабжения, являются уязвимыми, особенно в прибрежных районах, для подъема уровня моря и регионального уменьшения количества осадков. [РГII, 7.4.3, 7.5]
- Прогнозируемое повышение числа явлений экстремальных осадков имеет серьезные последствия для инфраструктуры: проектирования ливневой канализации, дорожных водопроводов и мостов, дамб и противопаводочные сооружений, включая противопаводочные водохранилища [РГII, 7.4.3.2]
- Нормативная база проектирования может использоваться для того, чтобы не допустить освоения зон повышенного риска затопления (например, пойм рек), в том числе строительства домов, промышленного освоения и размещения свалок [РГII, 7.6]
- Развитие инфраструктуры, которое требует значительного времени на подготовку и больших инвестиций, выиграло бы от использования информации об изменении климата. [РГII, 14.5.3, рис. 14.3]

Санитария и здоровье человека

- Вызванные изменением климата последствия для водных ресурсов представляют угрозу для

здоровья человека ввиду изменения качества воды и обеспеченности ею. Несмотря на то, что доступ к водоснабжению и санитарии определяется главным образом неклиматическими факторами, для некоторых групп населения изменение климата, как ожидается, усугубит проблемы доступа к воде на бытовом уровне. [РГII, 8.2.5]

- Необходимо разработать соответствующие мероприятия по планированию и готовности к бедствиям для того, чтобы проработать вопросы повышенного риска затопления вследствие изменения климата и уменьшить их последствия для здоровья человека и систем здравоохранения. [РГII, 8.2.2]

Потребности в информации о климате

Прогресс в понимании воздействия климата на водный цикл зависит от наличия более точных данных. Относительно непродолжительные ряды гидрометрических данных могут недооценивать весь объем природной изменчивости. Всесторонний мониторинг гидрологических переменных, как в отношении количества, так и качества, является фактором, способствующим принятию решений, и предпосылкой для управления в целях адаптации, которое потребуется в условиях изменений климата. [РГII, 3.8]

7.2 Проекции основных последствий, связанных с водными ресурсами, в разбивке по регионам

Африка

- Последствия изменения климата в Африке, *вероятно*, будут наиболее значительными там, где они будут происходить одновременно с целым рядом других стрессов (рост населения; неравный доступ к ресурсам; отсутствие надлежащего доступа к воде и санитарии [РГII, 9.4.1]; отсутствие продовольственной безопасности [РГII, 9.6]; неразвитость системы здравоохранения [РГII, 9.2.2, 9.4.3]). Все эти стрессы и изменение климата повысят уязвимость многих жителей Африки. [РГII, 9.4]
- Расширение площади засушливых и полузасушливых земель в Африке на 5-8% (60-90 млн га), по прогнозам, должно произойти к 2080-м годам. согласно целому ряду сценариев изменения климата. [РГII, 9.4.4]
- Снижение урожаев в сельском хозяйстве объясняется, *вероятно*, засухой и деградацией земель, особенно в маргинальных районах. Смешанные неорошаемые системы в Сахели особенно пострадают от изменения климата. Смешанные неорошаемые и высокогорные многолетние системы в районе Великих озер и других районах Восточной Африки также подвергнутся серьезному воздействию. [РГII, 9.4.4, вставка ТР.6]
- Нынешний водный стресс в Африке, *вероятно*, усилится вследствие изменения климата, однако в будущих оценках водного стресса в Африке обязательно следует учитывать регламентацию использования водных ресурсов и водохозяйственные мероприятия в бассейнах рек. Увеличение объема стока в Восточной Африке (и повышенный риск наводнений) и уменьшение объема стока (и повышенный риск засух) в других районах (например, южной части Африки), согласно проекциям, должны произойти к 2050-м гг. [РГII, 9.4.1, 9.4.2, 9.4.8]
- Любые изменения в первичной продукции крупных озер будут иметь важные последствия для местных продовольственных ресурсов. Так, озеро Танганьика сейчас обеспечивает 25-40% потребляемого в пищу животного белка для проживающего там населения, а изменение климата, *вероятно*, приведет к сокращению первичной продукции и возможного улова рыбы приблизительно на 30% [РГII, 9.4.5, 3.4.7,5.4.5]. Взаимодействие неудачных решений в сфере управления человеческой деятельностью, включая чрезмерный промысел рыбы, *вероятно*, еще более снизит рыбные уловы в этих озерах. [РГII, 9.2.2, вставка ТР.6]

Азия

- Обеспеченность пресной водой на душу населения в Индии, как ожидается, снизится с 1820 м^3 в настоящее время до 1000 м^3 к 2025 г. в результате комбинированного влияния роста населения и изменения климата. [РГII, 10.4.2.3]
- Более сильные дожди и более частые ливневые паводки в сезон дождей, видимо, приведут к повышению доли стока и сокращению доли осадков, попадающих в грунтовые воды. [РГII, 10.4.2.]
- Ожидается, что потребность в сельскохозяйственном орошении в засушливых и полузасушливых регионах Восточной Азии при повышении температуры на 1°C вырастет на 10%.[РГII, 10.4.1]
- Прибрежные районы, особенно густонаселенные территории мегадельт в Азии, подвергнутся наибольшей опасности ввиду усиления затоплений со стороны моря, а в некоторых мегадельтах из-за наводнений рек. [РГII, 6.4, 10.4.3]
- Изменения в таянии снегов и ледников, а также повышение линии снега в Гималаях скажутся на сезонных колебаниях объема стока, вызывая дефицит воды в засушливые летние месяцы. Четверть населения Китая и сотни миллионов людей в Индии пострадают от этого (Stern, 2007). [РГII, 3.4.1, 10.4.2.1]

Австралия и Новая Зеландия

- Нынешние проблемы водной безопасности, *весьма вероятно*, обострятся в южной и восточной частях Австралии (например, в провинции Виктория к 2030 г. сокращение стока составит 0-45%, а в бассейне рек Муррей и Дарлинг к 2050 г. сток уменьшится на 10-25%), а также в Новой Зеландии, в Нортланде и некоторых восточных регионах. [РГII, 11.4.1]
- Вследствие изменения климата, *вероятно*, риск для базовой инфраструктуры повысится. К 2030 г. проектировочные нормы, установленные с учетом экстремальных явлений, *весьма вероятно*, будут превышаться гораздо чаще. Риски будут связаны с прорывом плотин, сбоями городских дренажных систем, а также затоплением прибрежных поселений вблизи рек. [РГII, 11.P, 11.4.5, 11.4.7]
- Объем продукции сельского и лесного хозяйства к 2030 г., согласно проекциям, уменьшится в большей части южной и восточной частях Австралии и в некоторых восточных районах Новой Зеландии,

среди прочего, вследствие усиления засухи. Впрочем, в Новой Зеландии с увеличением количества дождевых осадков сначала прогнозируют получение выгод в западных и южных районах и вблизи крупных рек. [РГII, 11.4]

Европа

- К 2080-м годам вследствие удвоения концентрации CO2 вероятность экстремальных зимних осадков, превышающих два среднеквадратичных отклонения от нормального уровня, как ожидается, повысится до пяти раз в ряде районов Великобритании и северной части Европы. [РГII, 12.3.1]
- К 2070-м одам объем годового стока, согласно проекциям, в северной части Европы увеличится, а в южной части Европы уменьшится на 36%, при этом летний меженный сток сократится на 80% по сценарию IS92a. [РГII, 12.4.1, Т12.2]
- Процентная доля площади речных бассейнов, относящихся к категории бассейнов с сильным дефицитом воды (отношение отвод/обеспеченность выше 0,4), как ожидается, возрастет с 19% в настоящее время до 34-36% к 2070-м годам. [РГII, 12.4.1]
- К 2080-м годам количество людей, живущих в водосборных бассейнах, где наблюдается дефицит воды, в 17 западноевропейских странах, *вероятно*, увеличится на 16-44 млн чел. (на основании модели климата HadCM3). [РГII, 12.4.1]
- К 2070-м годам гидроэнергетический потенциал всей Европы, как ожидается, снизится на 6%, при этом будут наблюдаться сильные региональные колебания - от уменьшения на 20-50% в Средиземноморском регионе до повышения на 15-30% в северной и восточной частях Европы. [РГII, 12.4.8]
- Малые горные ледники в различных регионах исчезнут, а объем более крупных ледников сократится к 2050 г., по разным сценариям выбросов, на 30-70% с сопутствующим уменьшением расходов весной и летом. [РГII, 12.4.3]

Латинская Америка

- Любое уменьшение в будущем количества дождевых осадков в засушливых и полузасушливых регионах Аргентины, Чили и Бразилии, *вероятно*, приведет к серьезной нехватке воды. [РГII, 13.4.3]
- В результате изменения климата и роста населения к 2020-м годам количество людей, проживающих в речных бассейнах, по проекциям, достигнет 37-66 млн (по сравнению с оценкой 56 млн без изменения климата) согласно сценарию А2 СДСВ. [РГII, 13.4.3]
- К районам Латинской Америки, подверженным сильному водному стрессу, относятся восточная часть Центральной Америки, равнины, долина Мотагуа и тихоокеанские склоны Гватемалы, восточные и западные районы Сальвадора, центральная долина и тихоокеанский район Коста Рики, северные, центральные и восточные межгорные районы Гондураса, полуостров Азуеро в Панаме). В этих районах обеспечение водой и получение электричества от гидроэнергетики может быть серьезным образом затронуто изменением климата. [РГII, 13.4.3]
- Уменьшение ледников, как ожидается, повысит дефицит воды в сухой сезон в условиях потепления климата, что будет иметь отрицательные последствия для водообеспеченности и гидроэнергетики в Боливии, Перу, Колумбии и Эквадоре. Предполагается, что риск наводнений в дождливый сезон повысится. [РГII, 13.2.4, 13.4.3]

Северная Америка

- Прогнозируемое потепление в западных горах к середине XXI века, *весьма вероятно*, вызовет существенное сокращение снежного покрова, более раннее таяние снега, более частые дожди зимой, более высокий сток зимнего паводка и наводнения, а также и более низкий летний паводок. [РГII, 14.4.1]
- Сокращение водных запасов в совокупности с ростом потребности в воде, *вероятно*, обострит конкуренцию за дефицитные водные ресурсы. [РГII, 14.2.1, вставка 14.2]
- Умеренное изменение климата в первые десятилетия века, согласно проекциям, повысит общую урожайность неорошаемых сельскохозяйственных культур на 5-20%, однако с существенными различиями между регионами. Прогнозируются серьезные проблемы для культур, близких к тепловому пределу своего соответствующего диапазона или зависящих от интенсивно потребляемых водных ресурсов. [РГII, 14.4.4]
- Уязвимость к изменению климата, *вероятно*, будет в первую очередь наблюдаться в конкретных группах и регионах, включая коренные народы и другие группы, зависящие от недостаточной ресурсной базы, а также среди бедных и пожилых людей в городах. [РГ II 14.2.6, 14.4.6]

Полярные регионы

- Площадь вечной мерзлоты в Северном полушарии, *вероятно*, к 2050 г. уменьшится на 20-35%. По всем сценариям СДСВ глубина сезонного оттаивания должна к 2050 г. в большинстве районов увеличится на 15-25%, а в самых северных районах - на 50% и более. [РГII, 15.3.4]. В результате этого прогнозируется гибель экосистем в Арктике. [РГII, 15.4.1]
- Ожидается дальнейшее уменьшение ледяного покрова на озерах и реках, что повлияет на тепловую структуру озер, качество и количество подледных сред обитания, а в Арктике еще и на сроки и интенсивность ледяных заторов и сопутствующих наводнений. Потепление пресных вод, как ожидается, повлияет на продуктивность и распространение водных видов, особенно рыбы, что приведет к изменениям в рыбных запасах, особенно тех видов, которые предпочитают более холодные воды. [РГII, 15.4.1]
- Более частые и интенсивные наводнения, эрозия, засухи и разрушение вечной мерзлоты угрожают местному населению, промышленной инфраструктуре и водообеспечению в Арктике. [РГII, 15.4.6]

Малые острова

- Согласно большинству сценариев изменения климата существуют весомые доказательства того, что водные ресурсы на малых островах, *вероятно*, будут подвергаться серьезной опасности [РГII, 16. Р]. Большинство малых островов имеют недостаточное водообеспечение и водные ресурсы на этих островах особенно уязвимы для будущих изменений и

распределения дождевых осадков. Многие острова в Карибском регионе, *вероятно*, будут испытывать повышенный водный стресс в результате изменения климата. По сценариям СДСВ для этого региона прогнозируется уменьшение количества осадков летом, так что *маловероятно*, чтобы спрос на воду в периоды малого количества дождевых осадков мог быть удовлетворен. *Маловероятно*, что это компенсируется повышением количества дождевых осадков зимой по причине недостаточного накопления и большог стока во время ливней. [РГII, 16.4.1]

- Уменьшение среднего количества дождевых осадков, по-видимому, приведет к уменьшению величины линзы пресной воды. В Тихом океане уменьшение среднего количества дождевых осадков (к 2050 г.) на 10%, вероятно, будет соответствовать уменьшению на 20% размера линзы пресной воды на атолле Тарава, Кирибати. Уменьшение количества осадков в сочетании с возросшим забором воды и сопутствующим вторжением соленой воды только усилят эту угрозу. [РГII, 16.4.1]
- Некоторые малоостровные государства (например, Барбадос, Мальдивы, Сейшелы и Тувалу) начали инвестировать средства в реализацию стратегий адаптации, включая опреснение, чтобы компенсировать нынешнюю и прогнозируемую нехватку воды. [РГII, 16.4.1]

7.3 Последствия для политики смягчения воздействий климата

Осуществление важных вариантов смягчения воздействий климата, таких, как облесение, гидроэнергетика и биотопливо, может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на пресноводные ресурсы в зависимости от конкретной ситуации в данной местности. Поэтому необходимо проведение совместной оценки применительно к конкретной местности и оптимизация (эффективности) мер смягчения последствий и связанных с водными ресурсами воздействий.

Увеличение площади орошаемых территорий и выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях на базе плотин может привести к снижению эффективности соответствующего потенциала смягчения последствий. В случае орошения выбросы CO2, обусловленные потреблением энергии для перекачки воды и выбросами метана на рисовых полях, могут частично нейтрализовать любые результаты смягчения последствий. Водохранилища с пресной водой для гидроэнергетики могут давать некоторые выбросы парникового газа, так что необходимо проведение общей оценки баланса парникового газа для каждого конкретного случая. [РГII, 4.3.3.1, 8.4.1.1]

7.4 Последствия для устойчивого развития

Страны и регионы с низким доходом, как ожидается, будут по-прежнему уязвимы в среднесрочной перспективе, имея при этом меньше вариантов, чем страны с высоким доходом, для адаптации к изменению климата. Поэтому стратегии адаптации должны разрабатываться с учетом политики в области развития, окружающей среды и здравоохранения. Многие варианты, которые могут использоваться для снижения будущей уязвимости, представляют ценность в плане адаптации к текущему климату и могут использоваться для достижения других экологических и социальных целей.

Во многих регионах мира воздействия изменения климата на пресноводные ресурсы могут отразиться на устойчивом развитии и поставить под угрозу снижение масштабов нищеты и детской смертности (таблица 7.1). *Весьма вероятно*, что будет невозможно избежать отрицательного воздействия возросшей повторяемости и интенсивности наводнений и засух на устойчивое развитие [РГII, 3.7]. Однако за исключением суровых экстремальных явлений, изменение климата редко бывает основным фактором, создающим стресс для устойчивого развития. Особое значение изменения климата заключается в его взаимодействии с другими источниками изменения и стресса, и его воздействия должны рассматриваться именно в таком многопричинном контексте. [РГII, 7.1.3, 7.2, 7.4]

Таблица 7.1: *Потенциальный вклад водного сектора в достижение Целей развития, сформулированных в Декларации тысячелетия [РГII, таблица 3.6]*

Цели	Прямое отношение к водным ресурсам	Косвенное отношение к водным ресурсам
Цель 1 Искоренение крайней нищеты и голода	Вода играет важную роль во многих видах производственной деятельности (например, сельское хозяйство, животноводство, кустарное производство) Устойчивое производство рыбной, лесной и другой продовольственной продукции, принадлежащей к ресурсам, находящимся в общей собственности	Снижение деградации экосистем способствует устойчивому развитию на местном уровне Устранение голода в городах за счет более дешевых продуктов питания благодаря более надежной водообеспеченности
Цель 2 Обеспечение всеобщего начального образования		Повышение посещаемости школы благодаря улучшению здоровья и снижению нагрузки, связанной с необходимостью носить воду, особенно для девочек.
Цель 3 Поощрение равенства мужчин и женщин и расширение прав и возможностей женщин	Разработка программ по управлению водными ресурсами с учетом гендерного фактора	Сокращение потерянного времени и нагрузки на здоровье благодаря улучшению водоснабжения, что позволяет иметь больше времени для получения дохода и обеспечивает более сбалансированные гендерные роли
Цель 4 Сокращение детской смертности	Улучшение доступа к питьевой воде в требуемом количестве и более подходящего качества, улучшение санитарии, снижение основных факторов заболеваемости и смертности среди маленьких детей	
Цель 6 Борьба с ВИЧ/СПИДом, малярией и другими заболеваниями	Улучшение доступа к воде и санитарии является поддержкой для страдающих от ВИЧ/СПИДа семей и может способствовать большей результативности программ по здравоохранению. Улучшение управления водными ресурсами приводит к уменьшению среды обитания комаров и риска заражения малярией	
Цель 7 Обеспечение экологической устойчивости	Улучшение управления водными ресурсами снижает водопотребление и позволяет повторно использовать питательные и органические вещества Меры по обеспечению для бедных домохозяйств доступа к улучшенной и, возможно, более эффективной экологической санитарии Меры по улучшению услуг водоснабжения и санитарии для бедного населения Меры по снижению сбросов сточных вод и улучшению состояния окружающей среды в трущобах	Разработка системы функционирования, поддержания и возмещения расходов для обеспечения устойчивости обслуживания

8

Пробелы в знаниях и предложения по дальнейшей работе

Имеются многочисленные свидетельства, основанные на данных наблюдений и климатических проекциях, о том, что пресноводные ресурсы являются уязвимыми и существует потенциальная возможность значительного воздействия на них в результате изменения климата. Вместе с тем, возможности количественно оценить будущие изменения гидрологических переменных и их воздействия на системы и сектора ограничиваются неопределенностью на всех этапах процесса оценки. Неопределенность вытекает из различных сценариев социально-экономического развития, различных проекций климатических моделей для данного сценария, уменьшения масштаба климатических воздействий до локального/регионального масштаба, оценок воздействий и обратных связей, связанных с деятельностью по адаптации и смягчению последствий. Неполнота наблюдений и понимания ограничивают в настоящее время нашу способность уменьшить эти неопределенности. Решения приходится принимать в контексте этой неопределенности. Надежные методы оценки рисков с учетом этих неопределенностей только начинают разрабатываться.

Способность к смягчению последствий изменения климата и адаптации к его воздействиям ограничивается наличием и экономической эффективностью соответствующих технологий и устойчивых процессов совместного принятия решений с участием различных заинтересованных сторон и с использованием многих критериев управления. Знания о затратах и выгодах (включая предотвращенный ущерб) конкретных вариантов пока очень ограничены. Управленческие стратегии, которые адаптируются по мере изменения климата, требуют надлежащей сети наблюдения для получения информации для них. Существует весьма неполное представление о соответствующих правовых и институциональных основах, и не хватает статистических данных о спросе, необходимых для включения адаптации как важнейшего фактора в планы развития с тем, чтобы уменьшить уязвимость, связанную с водными ресурсами, а также о соответствующих каналах для направления финансовых потоков в водный сектор в качестве инвестирования в адаптацию.

В настоящем разделе говорится о некоторых основных пробелах в знаниях, связанных с этими потребностями.

8.1 Потребности в наблюдениях

Более полные данные наблюдений и доступ к данным необходимы для более глубокого понимания происходящих изменений, более правильного определения рамок модельных проекций, и являются предпосылкой для управления в целях адаптации, которое требуется в условиях изменения климата. Успехи в изучении зависят от наличия более полных данных. В настоящее время наблюдается сворачивание некоторых наблюдательных сетей. Относительно короткие ряды данных не дают в полной мере картины изменчивости и затрудняют исследования по обнаружению изменений, в то время как восстановление данных за длительный период позволяет установить последние тенденции и экстремальные величины в более широком контексте. Основные пробелы в наблюдениях изменения климата применительно к пресноводным ресурсам и гидрологическим циклам заключаются в следующем [РГI, ТР.6; РГII, 3.8]:

- Трудности измерения осадков по-прежнему остаются проблемой при количественной оценке глобальных и региональных тенденций. Измерения осадков над океанами (со спутников) все еще находятся в стадии разработок. Существует потребность в обеспечении непрерывного мониторинга со спутников и получении надежных статистических данных о прогнозируемых осадках [РГI, 3.3.2.5]
- Многие гидрометеорологические переменные, например русловой сток, почвенная влага и эффективная эвапотранспирация, измеряются некорректно. Потенциальная эвапотранспирация обычно рассчитывается по таким параметрам, как солнечная радиация, относительная влажность и скорость ветра. Данные зачастую имеются лишь за очень непродолжительное время и всего для нескольких регионов, что затрудняет полный анализ изменений в засухах [РГI, 3.3.3, 3.3.4]
- В некоторых регионах могут быть возможности для спасения данных по стокам рек. Там, где данные наблюдений отсутствуют, следует рассмотреть возможность создания новых сетей наблюдения [РГI, 3.3.4]
- Подземные воды не охвачены мониторингом в полной мере, и процессы истощения и пополнения подземных вод во многих регионах моделируются неудовлетворительно [РГI, 3.3.4]
- Необходимы данные мониторинга о качестве воды, водопользовании и переносе донных отложений.
- Кадастры снега, льда и мерзлого грунта страдают неполнотой. Мониторинг изменений характеризуется неравномерностью, как в пространственном, так и временном отношении. Не хватает в целом данных по Южному полушарию [РГI, ТР 6.2, 4.2.2, 4.3]
- Необходима дополнительная информация о реакции эвапотранспирации растений на комбинированные воздействия в результате повышения концентрации атмосферного CO_2, подъема температур и повышения концентрации водяного пара для лучшего понимания взаимосвязи между прямыми эффектами обогащения атмосферным CO_2 и изменениями в гидрологическом цикле. [РГI, 7.2]
- Обеспечение качества, гомогенизация наборов данных и взаимное сравнение методов и процедур могли бы сыграть важную роль в тех случаях, когда различные агентства, страны и т.д. проводят постоянный мониторинг в рамках одного региона или водосборного бассейна.

8.2 Понимание проекций климата и их последствий

8.2.1 Понимание и прогнозирование изменения климата

Основные неопределенности в понимании и моделировании изменений климата, связанные с гидрологическим циклом, включают следующее [ОД; РГI, ТР.6]:

- Изменения в количестве радиационных факторов климата не получили полной количественной оценки и понимания (например, аэрозоли и их воздействие на

свойства облаков, метан, озон, стратосферный водяной пар, изменения в землепользовании, колебания потока солнечной радиации в прошлом).

- Достоверность объяснения некоторых наблюдаемых явлений изменения климата антропогенными или природными процессами ограничивается неопределенностями, связанными с радиационным воздействием, а также неопределенностью, характерной для процессов и наблюдений. Установление причин становится еще более трудным на небольших пространственных и временных масштабах, и существует меньшая степень уверенности в понимании изменений в осадках по сравнению с температурой. Имеется очень мало исследований причин изменений экстремальных явлений.
- Неопределенность в моделировании некоторых режимов климатической изменчивости и распределения осадков между явлениями сильных и слабых осадков остается значительной. Во многих регионах проекции изменений среднего количества осадков по разным моделям также различаются, причем даже по знаку изменений. Необходимо улучшать понимание источников неопределенности.
- Во многих регионах, где мелкие пространственные масштабы проявления климата порождаются топографией, недостаточно информации о том, как изменение климата будет проявляться на этих масштабах.
- Для климатических моделей лимитирующими факторами по-прежнему остаются пространственное разрешение и размер ансамбля, которые могут быть получены при современных компьютерных ресурсах, необходимость учитывать некоторые дополнительные процессы и большие неопределенности в моделировании некоторых обратных связей (например, в отношении облаков и углеродного цикла).
- Недостаточные знания о процессах, происходящих с ледовыми щитами и шельфовыми ледниками, приводят к безусловным неопределенностям в проекциях будущего баланса масс ледовых щитов, что, в свою очередь, приводит к неопределенности в проекциях подъема уровня моря.

8.2.2 Последствия, связанные с водными ресурсами [РГII, 3.5.1, 3.8]

- Ввиду имеющих место неопределенностей необходимо использование вероятностных подходов, которые позволят управляющим в области водных ресурсов провести анализ рисков в условиях изменения климата. Разрабатываются методики для построения вероятностного распределения предполагаемых результатов. Необходимо дальнейшее проведение этих исследований и разработка методов для изложения их результатов, а также их применения пользователями.
- Необходимо продолжение работы по обнаружению и установлению причин происходящих в настоящее время гидрологических изменений, в частности изменений в водных ресурсах и повторяемости экстремальных явлений. В рамках этих работ необходимо разработать показатели воздействия изменения климата на пресноводные ресурсы и оперативные системы для их мониторинга.
- Сохраняется несоответствие между крупномасштабными климатическими моделями и масштабом водосборного бассейна - наиболее важным масштабом для водохозяйственной деятельности. По этой причине существует потребность в климатических моделях большего разрешения, более точно описывающих свойства поверхности суши и взаимодействия, для того, чтобы получить информацию, представляющую непосредственный интерес для управления водными ресурсами. Статистическое и физическое уменьшение масштабов могут внести свой вклад.
- В большинстве исследований воздействия изменения климата на водный стресс в отдельных странах проводится оценка спроса и предложения на годичной основе. Желательно проведение анализа на временных масштабах от месяца и более, поскольку изменения сезонных режимов и вероятность экстремальных явлений могут уменьшить положительный результат от возросшей обеспеченности водными ресурсами.
- Воздействие изменения климата на снег, лед и мерзлый грунт, как чувствительные накопительные переменные параметры водного цикла, носит сильно нелинейный характер, и требуется моделирование, в большей степени ориентированное на физические величины и процессы, а также определенное атмосферное уменьшение масштаба. Отсутствуют глубокие знания об изменениях стока, вызванных изменениями ледников, снежного покрова, перехода дождя в снег и мерзлого грунта в различных климатических регионах.
- Должны быть улучшены методы, позволяющие проводить оценку воздействий изменения климата на пресноводные ресурсы. В частности, необходимо получить наборы данных локального масштаба и разработать простые сопряженные с климатом компьютерные модели для водосборных бассейнов, которые позволят управляющим в области водных ресурсов оценить воздействия и проанализировать функционирование и устойчивость своих систем с учетом диапазона неопределенности, связанной с проекциями будущего климата.
- Обратные связи между землепользованием и изменением климата (включая изменение растительности и такой вид антропогенной деятельности, как орошение и строительство водохранилищ), должны быть проанализированы более глубоко; например посредством сопряженного моделирования климата и землепользования.
- Необходимо проведение более точной оценки гидрологических последствий различных вариантов политики по вопросам климата и путей развития.
- Воздействие изменения климата на качество воды недостаточно изучено как для развивающихся, так и развитых стран, особенно в отношении воздействия экстремальных явлений.
- Относительно немногочисленные результаты имеются по социально-экономическим аспектам воздействий изменения климата в отношении водных ресурсов, включая последствия изменения климата для спроса на воду.
- Не изучены в должной мере воздействия изменения климата на водные экосистемы (не только температуры, но также изменившиеся режимы стока, уровни воды и ледовый покров).
- Несмотря на всю важность, подземные воды не получили достаточного внимания в оценках воздействия изменения климата по сравнению с поверхностными водными ресурсами.

8.3 Адаптация и смягчение последствий

- Управление водными ресурсами несомненно влияет на многие другие области политики (например, проекции по энергетике, землепользование, продовольственную безопасность и охрану природы). На данный момент не существует надлежащих инструментов для проведения оценки вариантов адаптации и смягчения последствий изменений в комплексе по всем секторам, зависящим от водных ресурсов, с учетом внедрения водоэффективных технологий и методов.
- В отсутствие надежных проекций будущих изменений гидрологических переменных процессы адаптации и методы, которые могут быть успешно реализованы без точных проекций, такие, как более высокая эффективность водопользования и регулирование спроса на воду, позволяют находить выгодные варианты для приспособления к изменению климата. [РГII, 3.8]
- *Биоразнообразие:* Необходимо определить потребности в водных ресурсах для поддержания экологических ценностей и услуг, особенно в отношении дельтовых экосистем, водно-болотных угодий и соответствующих русловых потоков.
- *Улавливание и хранение углерода:* Необходимо более глубокое понимание процессов утечки ввиду потенциального ухудшения качества подземных вод. Это требует более широких возможностей для мониторинга и проверки поведения CO_2, для которого характерно геологическое накопление [УХУ, ТР, глава 10]
- *Строительство гидроэлектростанций/плотин:* Необходим комплексный подход, учитывая разнообразие интересов (регулирование паводков, гидроэнергетика, ирригация, водоснабжение городов, экосистемы, рыбное хозяйство и судоходство), для выработки жизнеспособных решений. Необходимо провести оценку выбросов метана. Кроме того, следует оценить суммарное воздействие на баланс углерода в затрагиваемом регионе.
- *Биоэнергетика:* Необходимо получить адекватные оценки спроса на воду и последствий крупномасштабного выращивания коммерческих биоэнергетических сельскохозяйственных культур. [РГIII, 4.3.3.3]
- *Сельское хозяйство:* Требуется более глубокое понимание суммарного воздействия более эффективного орошения на баланс ПГ (большее накопление углерода в почвах благодаря более высоким урожаям и запашке остатков и противодействие этому в результате выбросов CO_2 из энергетических систем, обеспечивающих подачу воды, или выбросов N_2O вследствие повышения влаги и применения удобрений). [РГIII, 8.4.1.1]
- *Лесное хозяйство:* Необходимо лучше понять влияние массового облесения на процессы, формирующие гидрологический цикл, такие, как дождевые осадки, эвапотранспирация, сток, инфильтрация и пополнение подземных вод. [РГIII, 9.7.3]
- *Сточные воды и повторное использование воды:* Необходимы более достоверные знания о выбросах, связанных с децентрализованными процессами обработки сточных вод и бесконтрольными сбросами сточных вод в развивающихся странах. Следует понять и количественно оценить влияние разумного повторного использования воды на стратегии смягчения последствий и адаптации.

Ссылки

Abdalati, W. and K. Steffen, 2001: Greenland ice sheet melt extent: 1979–1999. *J. Geophys. Res.*, **106**(D24), 33983–33988.

Abeku, T.A., G.J. van Oortmarssen, G. Borsboom, S.J. de Vlas and J.D.F. Habbema, 2003: Spatial and temporal variations of malaria epidemic risk in Ethiopia: factors involved and implications. *Acta Trop.*, **87**, 331-340.

Abou-Hadid, A.F., 2006: *Assessment of Impacts: Adaptation and Vulnerability to Climate Change in North Africa: Food Production and Water Resources*. Washington, DC, 127 pp. http://www.aiaccproject.org/Final%20Reports/Final%20Reports/FinalRept_AIACC_AF90.pdf.

Abou-Hadid, A.F., R. Mougou, A. Mokssit and A. Iglesias, 2003: *Assessment of Impacts, Adaptation, and Vulnerability to Climate Change in North Africa: Food Production and Water Resources*. AIACC AF90 Semi-Annual Progress Report, 37 pp.

Abu-Taleb, M.F., 2000: Impacts of global climate change scenarios on water supply and demand in Jordan. *Water International*, **25**(3), 457–463.

ACIA (Arctic Climate Impact Assessment), 2004: *Impacts of a Warming Arctic: Synthesis Report of the Arctic Climate Impact Assessment*, Policy Document prepared by the Arctic Council and presented at the Fourth Arctic Council Ministerial Meeting, Reykjavik, 24 November 2004, 140 pp.

ACIA (Arctic Climate Impact Assessment), 2005: *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, 1042 pp.

ADB (Asia Development Bank), 1994: *Climate Change in Asia: Vietnam Country Report*. Asia Development Bank, Manila, 103 pp.

Adler, R.F. and Co-authors, 2003: The version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *J. Hydrometeorol.*, **4**, 1147–1167.

AEMA**,** 2002: *Uso sostenible del agua en Europa. Gestión de la demanda*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 94 pp.

Agarwal, P.K., S.K. Bandyopadhyay, H. Pathak, N. Kalra, S. Chander and S. Kumar, 2000: Analysis of yield trends of the rice–wheat system in north-western India. *Outlook on Agriculture*, **29**(4), 259–268.

Agoumi, A., 2003: *Vulnerability of North African Countries to Climatic Changes: Adaptation and Implementation Strategies for Climatic Change,* IISD. http://www.cckn.net//pdf/north_africa.pdf.

Aguilar, E., T.C. Peterson, P. Ramírez Obando, R. Frutos, J.A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. González García and co-authors, 2005: Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *J. Geophys. Res.*, **110**, D23107, doi:10.1029/2005JD006119.

Alcamo, J. and T. Henrichs, 2002: Critical regions: a model-based estimation of world water resources sensitive to global changes. *Aquat. Sci.*, **64**, 352-362.

Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch and S. Siebert, 2003a: Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. *Hydrol. Sci. J.*, **48**, 317–338.

Alcamo, J., P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch and S. Siebert, 2003b: Global estimates of water withdrawals and availability under current and future "business-as-usual" conditions. *Hydrol. Sci. J.*, **48**, 339–348.

Alcamo, J. and Co-authors, 2004: A new perspective on the impacts of climate change on Russian agriculture and water resources. *Proc. World Climate Change Conference*, 29 September–3 October, 2003, Moscow, 324–335.

Alcamo, J., M. Flörke and M. Marker, 2007: Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic change. *Hydrol. Sci. J.*, **52**, 247–275.

Aldhous, P., 2004: Borneo is burning. *Nature*, **432**, 144–146.

Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D.B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci and J.L. Vazquez-Aguirre, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, **111**, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.

Allen Consulting Group, 2005: *Climate Change Risk and Vulnerability: Promoting an Efficient Adaptation Response in Australia*. Report to the Australian Greenhouse Office by the Allen Consulting Group, 159 pp. http://www.greenhouse.gov.au/impacts/publications/risk-vulnerability.html.

Alvarez, R., 2005: A review of nitrogen fertilizer and conservative tillage effects on soil organic storage. *Soil Use Manage.*, **21,** 38-52.

Álvarez Cobelas, M., J. Catalán and D. García de Jalón, 2005: Impactos sobre los ecosistemas acuáticos continentales. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático,* J.M. Moreno, Ed., Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 113–146.

Ames, A., 1998: A documentation of glacier tongue variations and lake development in the Cordillera Blanca, Peru. *Z. Glet. Glazialgeol.*, **34**(1), 1–26.

Andréasson, J., S. Bergström, B. Carlsson, L.P. Graham and G. Lindström, 2004: Hydrological change: climate impact simulations for Sweden. *Ambio*, **33**(4–5), 228–234.

Andreone, F., J.E. Cadle, N. Cox, F. Glaw, R.A. Nussbaum, C.J. Raxworthy, S.N. Stuart amd D. Vallan, 2005: Species review of amphibian extinction risks in Madagascar: conclusions from the Global Amphibian Assessment. *Conserv. Biol.*, **19**, 1790–1802.

Anisimov, O.A. and M.A. Belolutskaia, 2004: Predictive modelling of climate change impacts on permafrost: effects of vegetation. *Meteorol. Hydrol.*, **11**, 73–81.

Antle, J.M., S.M. Capalbo, E.T. Elliott and K.H. Paustian, 2004: Adaptation, spatial heterogeneity, and the vulnerability of agricultural systems to climate change and CO_2 fertilization: an integrated assessment approach. *Climatic Change*, **64**, 289-315.

Aparicio, M., 2000: *Vulnerabilidad y Adaptación a la Salud Humana ante los Efectos del Cambio Climático en Bolivia*. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal. Programa Nacional de Cambios Climáticos. PNUD/GEF.

Arkell, B.P. and Darch, G.J.C., 2006: Impact of climate change on London's transport network. *Proc. Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*, **159**(4), 231–237.

Arnell, N.W., 2003: Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future streamflows in Britain. *J. Hydrol.*, **270**, 195-213.

Arnell, N.W., 2004: Climate change and global water resources: SRES emissions and socio economic scenarios. *Global Environmen. Chang.*, **14**, 31–52.

Arnell, N.W., 2006a: Global impacts of abrupt climate change: an initial assessment. Working Paper 99, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, 37 pp.

Arnell, N.W., 2006b: Climate change and water resources: a global perspective. *Avoiding Dangerous Climate Change*, H.J. Schellnhuber, W. Cramer, N. Nakićenović, T. Wigley and G. Yohe, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 167-175.

Arnell, N.W. and E.K. Delaney, 2006: Adapting to climate change: public water supply in England and Wales, *Climatic Change*, **78**, 227-255.

Arnell, N.W., M.J.L. Livermore, S. Kovats, P.E. Levy, R. Nicholls, M.L. Parry and S.R. Gaffin, 2004: Climate and socio-economic scenarios for global-scale climate change impacts assessments: characterising the SRES storylines. *Global Environ. Chang.*, **14**, 3–20.

Ashton, P.J., 2002: Avoiding conflicts over Africa's water resources, *Ambio*, **31**(3), 236–242.

Attaher, S., M.A. Medany, A.A. Abdel Aziz and A. El-Gindy, 2006: Irrigation-water demands under current and future climate conditions in Egypt. *Misr. Journal of Agricultural Engineering*, **23**, 1077-1089.

Auer, I. and Co-authors, 2007: Histalp - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region 1760-2003. *Int. J. Climatol.*, **27**, 17-46.

Bachelet, D., R.P. Neilson, J.M. Lenihan and R.J. Drapek, 2001: Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. *Ecosystems*, **4**, 164-185.

Baker, T.R., O.L. Phillips, Y. Malhi, S. Almeida, L. Arroyo, A. Di Fiore, T. Erwin, N. Higuchi, and Co-authors, 2004: Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Philos. T. Roy. Soc. Lond. B*, **359**, 353–365.

Balmford, A., P. Crane, A. Dobson, R.E. Green and G.M. Mace, 2005: The 2010 challenge: data availability, information needs and extraterrestrial insights. *Philos. T. Roy. Soc. Lond. B*, **360**, 221-228.

Barber, V.A., G.P. Juday and B.P. Finney, 2000: Reduced growth of Alaskan white spruce in the twentieth century from temperature-induced drought stress. *Nature*, **405**, 668-673.

Barnett, T.P., R. Malone, W. Pennell, D. Stammer, B. Semtner and W. Washington, 2004: The effects of climate change on water resources in the West: introduction and overview. *Climatic Change*, **62**, 1–11.

Barnett, T.P., J.C. Adam and D.P. Lettenmaier, 2005: Potential impacts of warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, **438**, 303–309.

Barras, J., S. Beville, D. Britsch, S. Hartley, S. Hawes, J. Johnston, P. Kemp, Q. Kinler, A. Martucci, J. Porthouse, D. Reed, K. Roy, S. Sapkota and J. Suhayda, 2003: *Historical and Projected Coastal Louisiana Land Changes: 1978–2050*. Open File Report 03-334. U.S. Geological Survey. 39 pp.

Barreira, A., 2004: *Dams in Europe. The Water Framework Directive and the World Commission on Dam Recommendations: A Legal and Policy Analysis*. http://assets.panda.org/downloads/wfddamsineurope.pdf

Basán Nickisch, M., 2002: Sistemas de captación y manejo de agua. Estación Experimental Santiago del Estero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. http://www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/agua/0001res_sistemas.htm.

Batima, P., 2003: Climate change: pasture–livestock. Synthesis Report. *Potential Impacts of Climate Change, Vulnerability and Adaptation Assessment for Grassland Ecosystem and Livestock Sector in Mongolia*. Admon Publishing, Ulaanbaatar, 36–47.

Batima, P., Batnasan N. and Lehner B., 2004: *The Freshwater Systems of Western Mongolia's Great Lakes Basin: Opportunities and Challenges in the Face of Climate Change*. Admon Publishing, Ulaanbaatar, 95 pp.

Batima, P., T. Ganbaatar, D. Tumerbaatar, B. Erdenetsetseg, B. Bolortsetseg, B. Gantsetseg, G. Sanjid and S. Khudulmur, 2005: Climate change impacts on environment. *Climate Change Impacts*, P. Batima and B. Bayasgalan, Eds., Admon Publishing, Ulaanbaatar, 59–115.

Bationo, A., S.P. Wani, C.L. Bielders, P.L.G. Velk and A.U. Mokwunye, 2000: Crop residues and fertilizer management to improve soil organic carbon content, soil quality and productivity in the desert margins of West Africa. *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*, R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart, Eds., CRC-Lweis Publishers, Boca Raton, FL, 117-146.

Bauder, E.T., 2005: The effects of an unpredictable precipitation regime on vernal pool hydrology. *Freshw. Biol.*, **50**, 2129–2135.

Beare, S. and A. Heaney, 2002: *Climate change and water resources in the Murray Darling Basin, Australia; impacts and adaptation*. Conference Paper 02.11, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, 33 pp. http://www.abarepublications.com/product.asp?prodid=12389.

Beaulieu, N. and M. Allard, 2003: The impact of climate change on an emerging coastline affected by discontinuous permafrost: Manitounuk Strait, northern Quebec. *Can. J. Earth Sci.*, **40**, 1393-1404.

Beck, C., J. Grieser and B. Rudolph, 2005: A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. DWD, *Klimastatusbericht 2004*, 181–190.

Beltaos, S. and Co-authors, 2006: Climatic effects on ice-jam flooding of the Peace-Athabasca Delta. *Hydrol. Process.,* **20**(19), 4031–4050.

Benhin, J.K.A., 2006: *Climate change and South African agriculture: impacts and adaptation options*. CEEPA Discussion Paper No.21. Special Series on Climate Change and Agriculture in Africa. The Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, University of Pretoria, Pretoria, 78 pp.

Beniston, M. and H.F. Díaz, 2004: The 2003 heatwave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Global Planet. Change*, **44**, 73–81.

Beniston, M., D.B. Stephenson, O.B. Christensen, C.A.T. Ferro, C. Frei, S. Goyette, K. Halsnaes, T. Holt, K. Jylhä, B. Koffi, J. Palutikof, R. Schöll, T. Semmler and K. Woth, 2007: Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change,* **81**(Suppl. 1), 71-95.

Berezovskaya, S., D.Q. Yang and L. Hinzman, 2005: Long-term annual water balance analysis of the Lena River. *Global Planet. Change*, **48**(1–3), 84–95.

Berger, T., J. Mendoza, B. Francou, F. Rojas, R. Fuertes, M. Flores, L. Noriega, C. Ramallo, E. Ramírez and H. Baldivieso, 2005: Glaciares Zongo – Chacaltaya – Charquini Sur – Bolivia 16°S. Mediciones Glaciológicas, Hidrológicas y Meteorológicas, Año Hidrológico 2004-2005. *Informe Great Ice Bolivia, IRD-IHH-SENMAHI-COBEE*, 171.

Berndes, G. and P. Börjesson, 2002: Multi-functional biomass production systems. http://www.brdisolutions.com/pdfs/bcota/abstracts/6/70.pdf.

Berndes, G., F. Fredrikson, and P. Borjesson, 2004: Cadmium accumulation and Salix-based phytoextraction on arable land in

Sweden. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **103**, 207-223.

Berthelot, M., P. Friedlingstein, P. Ciais, P. Monfray, J.L. Dufresen, H.L. Treut and L. Fairhead, 2002: Global response of the terrestrial biosphere and CO_2 and climate change using a coupled climate-carbon cycle model. *Global Biogeochem. Cy.*, **16**, doi:10.1029/2001GB001827.

Betts, R.A., P.M. Cox, S.E. Lee and F.I. Woodward, 1997: Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations. *Nature*, **387**, 796–799.

Betts, R.A., O. Boucher, M. Collins, P.M. Cox, P.D. Falloon, N. Gedney, D.L. Hemming, C. Huntingford, C.D. Jones, D. Sexton and M. Webb, 2007: Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. *Nature,* **448**, 1037-1041.

Beuhler, M., 2003: Potential impacts of global warming on water resources in southern California. *Water Sci. Technol.*, **47**(7–8), 165–168.

Bhadra, B., 2002: Regional cooperation for sustainable development of Hindu Kush Himalaya region: opportunities and challenges. Keynote paper presented at *T*he *Alpine Experience – An Approach for other Mountain Regions*, Berchtesgaden, Germany, June 26–29.

Bidegain, M., R.M. Caffera, F. Blixen, V.P. Shennikov, L.L. Lagomarsino, E.A. Forbes and G.J. Nagy, 2005: Tendencias climáticas, hidrológicas y oceanográficas en el Río de la Plata y costa Uruguaya. *El Cambio Climático en el Río de la Plata,* V. Barros A. Menéndez and G.J. Nagy, Eds., Proyectos AIACC, 137-143.

Bigio, A., 2003: Cities and climate change. *Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk*, A. Kreimer, M. Arnold and A. Carlin, Eds., World Bank, Washington, DC, 91-100.

Bindoff, N., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C.L. Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L. Talley and A. Unnikrishnan, 2007: Observations: oceanic climate change and sea level. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 385-432.

Blais, J.M., D.W. Schindler, D.C.G. Muir, M. Sharp, D. Donald, M. Lafreniere, E. Braekevelt and W. M.J. Strachan, 2001: Melting glaciers: a major source of persistent organochlorines to subalpine Bow Lake in Banff National Park, Canada. *Ambio*, **30**, 410-415.

Blythe, E.M., A.J. Dolman and J. Noilhan, 1994: The effect of forest on mesoscale rainfall: an example from HAPEX-MOBILHY. *J. Appl. Meteorol.,* **33**, 445-454.

Bobba, A., V. Singh, R. Berndtsson and L. Bengtsson, 2000: Numerical simulation of saltwater intrusion into Laccadive Island aquifers due to climate change. *J. Geol. Soc. India*, **55**, 589–612.

Bodaly, R.A., J.W.M. Rudd, R.J.P. Fudge and C.A. Kelly, 1993: Mercury concentrations in fish related to size of remote Canadian shield lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 980-987.

Bogaart, P.W. and R.T. van Balen, 2000: Numerical modeling of the response of alluvial rivers to Quaternary climatic change. *Global Planet. Change*, **27**, 124–141.

Bogoyavlenskiy, D. and A. Siggner, 2004: Arctic demography. *Arctic Human Development Report (AHDR),* N. Einarsson, J.N. Larsen, A. Nilsson and O.R. Young, Eds., Steffanson Arctic Institute, Akureyri, 27–41.

Börjesson, P. and G. Berndes, 2006: The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, **30**, 428-438.

Bouma, M.J., 2003: Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria: a new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972–1989. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **97**, 133-139.

Bouraoui, F., B. Grizzetti, K. Granlund, S. Rekolainen and G. Bidoglio, 2004: Impact of climate change on the water cycle and nutrient losses in a Finnish catchment. *Climatic Change*, **66**, 109–126.

Boutkan, E. and A. Stikker, 2004: Enhanced water resource base for sustainable integrated water resource management. *Nat. Resour. Forum*, **28**, 150-154.

Bou-Zeid, E. and El-Fadel, M., 2002: Climate change and water resources in Lebanon and the Middle East. *J. Water Res. Pl.-ASCE*, **128**(5), 343–355.

Box, J.E. and Co-authors, 2006: Greenland ice-sheet surface mass balance variability (1988-2004) from calibrated polar MM5 output. *J. Clim.*, **19**(12), 2783–2800.

Bradley, R.S., F.T. Keimig and H.F. Diaz, 2004: Projected temperature changes along the American cordillera and the planned GCOS network. *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L16210, doi:10.1029/2004GL020229.

Bradley, R.S., M. Vuille, H. Diaz and W. Vergara, 2006: Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*, **312**, 1755-1756.

Braun, O., M. Lohmann, O. Maksimovic, M. Meyer, A. Merkovic, E. Messerschmidt, A. Reidel and M. Turner, 1999: Potential impact of climate change effects on preferences for tourism destinations: a psychological pilot study, *Clim. Res.*, **11**, 2477–2504.

Briers, R.A., J.H.R. Gee and R. Geoghegan, 2004: Effects of North Atlantic oscillation on growth and phenology of stream insects. *Ecography*, **27**, 811–817.

Brklacich, M., C. Bryant, B. Veenhof and A. Beauchesne, 1997: Implications of global climatic change for Canadian agriculture: a review and appraisal of research from 1984–1997. *Canada Country Study: Climate Impacts and Adaptation*, Environment Canada, Toronto, ON, 220–256.

Bromley, C.J. and S. Currie, 2003: Analysis of subsidence at Crown Road, Taupo: a consequence of declining groundwater. *Proc. 25th New Zealand Geothermal Workshop*, Auckland University, 113-120.

Brouyere, S., G. Carabin and A. Dassargues, 2004: Climate change impacts on groundwater resources: modelled deficits in a chalky aquifer, Geer basin, Belgium. *Hydrogeol. J.*, **12**(2), 123–134.

Brown, R.A., N.J. Rosenberg, C.J. Hays, W.E. Easterling and L.O. Mearns, 2000: Potential production and environmental effects of switchgrass and traditional crops under current and greenhouse-altered climate in the central United States: a simulation study. *Agric. Ecosyst. Environ.*, **78**, 31-47.

Brown, R.D. and R.O. Braaten, 1998: Spatial and temporal variability of Canadian monthly snow depths. *Atmos.-Ocean*, **36**, 37–54.

Bruinsma, J., 2003: *World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective*. Earthscan, London, 444 pp.

Brutsaert, W. and M.B. Parlange, 1998: Hydrologic cycle explains the evaporation paradox. *Nature*, **396**, 30.

Bunn, S.E. and Arthington, A.H., 2002: Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environ. Manage.*, **30**, 492–507.

Burger, R.L., 1992: *Chavin and the Origins of Andean Civilization*. Thames and Hudson, London, 240 pp.

Burke, E.J., S.J. Brown, and N. Christidis, 2006: Modelling the recent evolution of global drought and projections for the 21 st century with the Hadley Centre climate model. *J. Hydrometeorol.*, **7**, 1113–1125.

Burke, L. and J. Maidens, 2004: *Reefs at Risk in the Caribbean*. World Resources Institute, Washington, DC, 81 pp. http://archive.wri.org/publication_detail.cfm?pubid=3944.

Burke, L., E. Selig and M. Spalding, 2002: *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute, Washington DC, 37 pp. http://www.wri.org/biodiv/pubs_description.cfm?PubID=3144.

Burkett, V.R. and J. Kusler, 2000: Climate change: potential impacts and interactions in wetlands of the United States. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, **36**, 313–320.

Burkett, V.R., D.A. Wilcox, R. Stottlemeyer, W. Barrow, D. Fagre, J. Baron, J. Price, J. Nielsen, C.D. Allen, D.L. Peterson, G. Ruggerone amd T. Doyle, 2005: Nonlinear dynamics in ecosystem response to climate change: case studies and policy implications. *Ecological Complexity*, **2**, 357–394.

Buttle, J., J.T. Muir and J. Frain, 2004: Economic impacts of climate change on the Canadian Great Lakes hydro-electric power producers: a supply analysis. *Can. Water Resour. J.*, **29**, 89–109.

Calder, I.R., 1990: *Evaporation in the Uplands*. John Wiley and Sons, Chichester, 148 pp.

Calder, I.R., 1992: Water use of eucalyptus – a review. *Growth and Water Use of Forest Plantations,* I.R. Calder, R.L. Hall and P.G. Adlard, Eds., John Wiley and Sons, Chichester, 167-179.

Caldwell, C.R., S.J. Britz and R.M. Mirecki, 2005: Effect of temperature, elevated carbon dioxide, and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] grown in controlled environments. *J. Agr. Food Chem.*, **53**(4), 1125–1129.

California Regional Assessment Group, 2002: *The Potential Consequences of Climate Variability and Change for California: The California Regional Assessment*. National Center for Ecological Analysis and Synthesis, University of California Santa Barbara, Santa Barbara, California, 432 pp. http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/CA_Report.pdf.

Callaghan, T.V., L.O. Björn, F.S. Chapin III, Y. Chernov, T.R. Christensen, B. Huntley, R. Ims, M. Johansson, D.J. Riedlinger, S. Jonasson, N. Matveyeva, W. Oechel, N. Panikov and G. Shaver, 2005: Arctic tundra and polar desert ecosystems. *Arctic Climate Impact Assessment (ACIA): Scientific Report*, C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 243-352.

Camilloni, I., 2005: Tendencias climáticas. *El Cambio Climático en el Río de la Plata*, V. Barros, A. Menéndez and G.J. Nagy, Eds., CIMA/CONICET-UBA, Buenos Aires, 13-19.

Canziani, O.F. and L.J. Mata, 2004: The fate of indigenous communities under climate change. UNFCCC Workshop on impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change. *Tenth Session of the Conference of Parties (COP-10)*, Buenos Aires, 3 pp.

Caran, S.C. and J.A. Nelly, 2006: Hydraulic engineering in prehistoric Mexico. *Sci. Am. Mag.*, **October**, 8 pp.

Carey, M., 2005: Living and dying with glaciers: people's historical vulnerability to avalanches and outburst floods in Peru. *Global Planet. Change*, **47**, 122-134.

Cassman, K.G., A. Dobermann, D.T. Walters and H. Yang, 2003: Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, **28**, 315-358.

CCME, 2003: *Climate, Nature, People: Indicators of Canada's Changing Climate*. Climate Change Indicators Task Group of the Canadian Council of Ministers of the Environment, Canadian Council of Ministers of the Environment Inc., Winnipeg, Canada, 51 pp.

CDC (Centers for Disease Control), 2005: Vibrio illnesses after Hurricane Katrina: multiple states, August–September 2005. *MMWR–Morb. Mortal. Wkly. Rep.*, **54**, 928-931.

Census Bureau, 2004: *(U. S. Census Bureau), NP-T1. Annual Projections of the Total Resident Population as of July 1: Middle, Lowest, Highest, and Zero International Migration Series, 1999 to 2100*. Population Division, U.S. Census Bureau, Washington, D.C. 20233, Washington DC. http://www.census.gov/population/projections/nation/summary/np-t1.txt.

Cerri, C.C., M. Bernoux, C.E.P. Cerri and C. Feller, 2004: Carbon cycling and sequestration opportunities in South America: the case of Brazil. *Soil Use Manage.*, **20,** 248-254.

Chan, N.W., 1986: Drought trends in northwestern peninsular Malaysia: is less rain falling? *Wallaceana*, **4**, 8-9.

Chang, H., C.G. Knight, M.P. Staneva and D. Kostov, 2002: Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. *GeoJournal*, **57**, 159–168.

Changnon, S.A., 2005: Economic impacts of climate conditions in the United States: past, present, and future – an editorial essay. *Climatic Change*, **68**, 1–9.

Changnon, S.A. and D. Changnon, 2000: Long-term fluctuations in hail incidences in the United States. *J. Climate*, **13**, 658–664.

Chappell, A. and C.T. Agnew 2004: Modelling climate change in West African Sahel rainfall (1931–90) as an artifact of changing station locations. *Int. J. Clim.*, **24**(5), 547–554.

Chattopadhyay, N. and M. Hulme, 1997: Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate change. *Agric. For. Meteorol.*, **87**, 55–73.

Chauhan, M. and B. Gopal, 2001: Biodiversity and management of Keoladeo National Park (India): a wetland of international importance. *Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation*. Volume 2. Backhuys Publishers, Leiden, 217–256.

Checkley, W., L.D. Epstein, R.H. Gilman, D. Figueroa, R.I. Cama, J.A. Patz and R.E. Black, 2000: Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. *Lancet*, **355**, 442–450.

Cheikh, N., P.W. Miller and G. Kishore, 2000: Role of biotechnology in crop productivity in a changing environment. *Global Change and Crop Productivity*, K.R. Reddy and H.F. Hodges, Eds., CAP International, New York, 425-436.

Chen, C., D. Gillig and B.A. McCarl, 2001: Effects of climatic change on a water dependent regional economy: a study of the Texas Edwards Aquifer. *Climatic Change*, **49**, 397–409.

Chen, M., P. Xie, and J.E. Janowiak, 2002: Global land precipitation: a 50-yr monthly analysis based on gauge observations. *J. Hydrometeorol.*, **3**, 249–266.

Chen, Z., S. Grasby and K. Osadetz, 2004: Relation between climate variability and groundwater levels in the upper carbonate aquifer, southern Manitoba, Canada. *J. Hydrol.*, **290**(1–2), 43–62.

Chiew, F.H.S., T.I. Harrold, L. Siriwardenena, R.N. Jones and R. Srikanthan, 2003: Simulation of climate change impact on runoff using rainfall scenarios that consider daily patterns of change from GCMs. *MODSIM 2003: Proc. International Congress on Modelling and Simulation*, D.A. Post, Ed., Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, Canberra ACT, Townsville, 154–159.

Choi, O. and A. Fisher, 2003: The impacts of socioeconomic development and climate change on severe weather catastrophe losses: Mid-Atlantic Region MAR and the U.S. *Climatic Change*, **58**(1–2), 149–170.

Chomitz, K.M. and K. Kumari, 1996: *The domestic benefits of tropical forests: a critical review emphasizing hydrological functions*. Policy Research Working Paper, World-Bank, No. WPS1601, 41 pp.

Christensen, J.H. and O.B. Christensen, 2003: Severe summertime flooding in Europe. *Nature*, **421**, 805.

Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Koli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V.M. Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton, 2007: Regional climate projections. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 847-940.

Christensen, N.S., A.W. Wood, N. Voisin, D.P. Lettenmaier and R.N. Palmer, 2004: The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado River basin. *Climatic Change*, **62**(1–3), 337–363.

Ciais, P., M. Reichstein, N. Viovy, A. Granier, J. Ogee, V. Allard, M. Aubinet, N. Buchmann, et al., 2005: Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, **437**, 529–533.

City of New York, 2005: New York City's Water Supply System. The City of New York Department of Environmental Protection, New York, New York. http://www.ci.nyc.ny.us/html/dep/html/watersup.html.

Clark, M.E., K.A. Rose, D.A. Levine and W.W. Hargrove, 2001: Predicting climate change effects on Appalachian trout: combining GIS and individual-based modeling. *Ecol. Appl.*, **11**, 161-178.

Clarke, R. and J. King, 2004: *The Atlas of Water*. Earthscan, London, 128 pp.

Cohen, S., D. Neilsen and R. Welbourn, Eds., 2004: *Expanding the dialogue on climate change and water management in the Okanagan Basin, British Columbia*. Final Report 1 January 2002 to 30 June 2004. http://www.ires.ubc.ca/aird/documents/Okanagan2004-final.pdf.

Cohen, S.J., R. de Loë, A. Hamlet, R. Herrington, L.D. Mortsch and D. Shrubsole, 2003: *Integrated and cumulative threats to water availability. Threats to Water Availability in Canada*. National Water Research Institute, Burlington, Ontario, 117-127. http://www.nwri.ca/threats2full/ThreatsEN_03web.pdf.

COHIFE, 2003: Principios rectores de Política Hídrica de la República Argentina. *Acuerdo Federal del Agua, Consejo Hídrico Federal*, COHIFE 8, August 2003, Argentina.

Cole, C.V., K. Flach, J. Lee, D. Sauerbeck and B. Stewart, 1993: Agricultural sources and sinks of carbon. *Water Air Soil Poll.,* **70**, 111-122.

Coleman, J.M. and O.K. Huh, 2004: *Major World Deltas: A Perspective fromSpace*. Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana. http://www.geol.lsu.edu/WDD/PUBLICATIONS/introduction.htm

Compton, K., T. Ermolieva, and J.C. Linnerooth-Bayer, 2002: Integrated Disaster Risk Management: Megacity Vulnerability and Resilience, *Proc. Second Annual IIASA-DPRI Meeting*, IIASA Laxenburg, 20 pp.

Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. Ferrer, R. Araujo, E. Betancourt, G. Villareal and C. Gay, 1997: Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Clim. Res.*, **9**, 17–23.

Conway, D., 2005: From headwater tributaries to international river: observing and adapting to climate variability and change in the Nile basin. *Global Environ. Chang.*, **15**, 99–114.

Cook, E.R., R.D. D'Arrigo and M.E. Mann, 2002: A well-verified, multiproxy reconstruction of the winter North Atlantic Oscillation index since A.D. 1400. *J. Clim.*, **15**, 1754–1764.

Cortazar, P.F., 1968: Documental del Perú, Departamento del Cusco, S.A. Ioppe. Ed., February 1968.

Cosgrove, W., R. Connor and J. Kuylenstierna, 2004: Workshop 3 (synthesis): climate variability, water systems and management options. *Water Sci. Techn.*, **7**, 129–132.

Coudrain, A., B. Francou and Z.W. Kundzewicz, 2005: Glacier shrinkage in the Andes and consequences for water resources: Editorial. *Hydrol. Sci. J.*, **50**(6), 925–932.

Crabbe, P. and M. Robin, 2006: Institutional adaptation of water resource infrastructures to climate change in Eastern Ontario. *Climatic Change*, **78**(1), 103–133.

Craig, M.H., I. Kleinschmidt, D. Le Sueur and B.L. Sharp, 2004: Exploring thirty years of malaria case data in KwaZulu-Natal, South Africa. Part II. The impact of non-climatic factors. *Trop. Med. Int. Health*, **9**, 1258-1266.

Cross, J., 2001: Megacities and small towns: different perspectives on hazard vulnerability. *Environmental Hazards*, **3**, 63–80.

CTIC, 1998: *17th Annual Crop Residue Management Survey Report*. Conservation Technology Information Center, West Lafayette, IN. http://www.ctic.purdue.edu.

Cullen, P., 2002: Living with water: sustainability in a dry land. *Adelaide Festival of Arts, Getting it Right Symposium, 1–12 March, 2002*.

Curriero, F., J.A. Patz, J.B. Rose and S. Lele, 2001: The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am. J. Public Health*, **91**, 1194–1199.

Cury, P. and L. Shannon, 2004: Regime shifts in upwelling ecosystems: observed changes and possible mechanisms in the northern and southern Benguela. *Prog. Oceanogr.*, **60**, 223–243.

CWC (Central Water Commission), 2001: *Water and related statistics*, Report of the Ministry of Water Resources, New Delhi.

DAFF, 2006a: *National Water Initiative*. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Australia. http://www.pmc.gov.au/water_reform/nwi.cfm.

DAFF, 2006b: Contours. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia, 24 pp. http://www.daff.gov.au/__data/assets/pdf_file/0020/98201/contours-dec-06.pdf.

Dai, A. and K.E. Trenberth, 2002: Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations. *J. Hydrometeorol.*, **3**, 660–687.

Dai, A., P.J. Lamb, K.E. Trenberth, M. Hulme, P.D. Jones and P. Xie, 2004a: The recent Sahel drought is real. *Int. J. Climatol.*, **24**, 1323—1331.

Dai, A., K.E. Trenberth and T. Qian, 2004b: A global data set of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming. *J. Hydrometeorol.*, **5**, 1117–1130.

Dalal, R.C., W. Wang, G.P. Robertson and W.J. Parton, 2003: Nitrous oxide emission from Australian agricultural lands and mitigation options: a review. *Australian J. Soil Res.*, **41**, 165-195.

Dang, H.H., A. Michaelowa and D.D. Tuan, 2003: Synergy of adaptation and mitigation strategies in the context of sustainable development: the case of Vietnam. *Clim. Policy*, **3**, S81-S96.

DaSilva, J., B. Garanganga, V. Teveredzi, S. Marx, S. Mason and S. Connor, 2004: Improving epidemic malaria planning, preparedness and response in Southern Africa. *Malaria J.*, **3**, 37.

Davis, J.R., Ed., 1997: *Managing Algal Blooms. Outcomes from CSIRO's Multi-Divisional Blue-Green Algae Program*. CSIRO Land and Water, Canberra, 113 pp.

de Wit, M. and J. Stankiewicz, 2006: Changes in surface water supply across Africa with predicted climate change. *Science Express*, doi:10.1126/science.1119929. http://www.scienceexpress.org.

Declerck, S., J. Vandekerkhove, L.S. Johansson, K. Muylaert, J.M. Conde-Porcuna, K. van der Gucht, C. Pérez-Martínez, T.L. Lauridsen, K. Schwenk, G. Zwart, W. Rommens, J. López-Ramos, E. Jeppesen, W. Vyverman, L. Brendonck and L. de Meester, 2005: Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology*, **86**, 1905–1915.

Delworth, T.L. and M.E. Mann, 2000: Observed and simulated multidecadal variability in the Northern Hemisphere. *Clim. Dyn.*, **16**, 661–676.

Dessai, S., X. Lu and J.S. Risbey, 2005: On the role of climate scenarios for adaptation planning. *Global Environ. Chang.*, **15**, 87–97.

DEUS, 2006: *NSW Government Water Savings Fund*. Department of Energy, Utilities and Sustainability, 17 pp. http://www.deus.nsw.gov.au/Publications/WaterSavingsFundR3Guide.pdf.

Dias de Oliveira, M.E., B.E. Vaughan, and E.J. Rykiel, Jr., 2005: Ethanol as fuel: energy, carbon dioxide balances, and ecological footprint. *BioScience*, **55**, 593-602.

Diaz-Nieto, J. and R. Wilby, 2005: A comparison of statistical downscaling and climate change factor methods: impact on low flows in the river Thames, United Kingdom. *Climatic Change*, **69**, 245–268.

Dinesh Kumar, P.K., 2006: Potential vulnerability implications of sea level rise for the coastal zones of Cochin, southwest coast of India. *Environ. Monit. Assess.*, **123**, 333–344.

DNPC, 2005/2006: Informe de las lluvias caídas en Venezuela en los meses de Febrero y marzo de 2005 y Febrero 2006. Dirección Nacional de Protección Civil, República Bolivariana de Venezuela.

Döll, P., 2002: Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change*, **54**, 269–293.

Döll, P. and M. Flörke, 2005: Global-scale estimation of diffuse groundwater recharge. *Frankfurt Hydrology Paper 03*, Institute of Physical Geography, Frankfurt University, Frankfurt.

Döll, P., M. Flörke, M. Mörker and S. Vassolo, 2003: Einfluss des Klimawandels auf Wasserressourcen und Bewässerungswasserbedarf: eine globale Analyse unter Berücksichtigung neuer Klimaszenarien (Impact of climate change on water resources and irrigation water requirements: a global analysis using new climate change scenarios). *Klima–Wasser–Flussgebietsmanagement – im Lichte der Flut*, H.-B. Kleeberg, Ed., *Proc. Tag der Hydrologie 2003 in Freiburg, Germany, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung,* 11–14.

Donevska, K. and S. Dodeva, 2004: Adaptation measures for water resources management in case of drought periods. *Proc. XXIInd Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*. Brno, 30 August–2 September 2004, CD-edition.

Doran, P.T. and Co-authors, 2002: Antarctic climate cooling and terrestrial ecosystem response. *Nature*, **415**, 517–520.

Dore, M. and I. Burton, 2001: *The Costs of Adaptation to Climate Change in Canada: A Stratified Estimate by Sectors and Regions – Social Infrastructure*. Climate Change Laboratory, Brock University, St Catharines, ON, 117 pp.

Douglas, E.M., R.M. Vogel and C.N. Kroll, 2000: Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *J. Hydrol.*, **240**(1–2), 90–105.

Dourojeanni, A., 2000: *Procedimientos de Gestión para el Desarrollo Sustentable*. ECLAC, Santiago, 376 pp.

Douville, H., F. Chauvin, S. Planton, J.F. Royer, D. Salas-Melia and S. Tyteca, 2002: Sensitivity of the hydrological cycle to increasing amounts of greenhouse gases and aerosols. *Clim. Dyn.*, **20**, 45–68.

Downing, T.E., R.E. Butterfield, B. Edmonds, J.W. Knox, S. Moss, B.S. Piper, E.K. Weatherhead and the CCDeW Project Team, 2003: *Climate change and the demand for water, Research Report*. Stockholm Environment Institute, Oxford Office, Oxford.

DPMC, 2004: *Water Reform*. Department of Prime Minister and Cabinet, Australia. http://www.dpmc.gov.au/nwi/index.cfm.

Drennen, P.M., M. Smith, D. Goldsworthy and J. van Staten, 1993: The occurrence of trahaolose in the leaves of the desiccation-tolerant angiosperm *Myronthamnus flabellifoliius* Welw. *J. Plant Physiol.*, **142**, 493-496.

du Plessis, C., D.K. Irurah and R.J. Scholes, 2003: The built environment and climate change in South Africa. *Build. Res. Inf.*, **31**(3–4), 240–256.

Duguay, C.R. and Co-authors, 2003: Ice-cover variability on shallow lakes at high latitudes: model simulations and observations. *Hydrol. Process.*, **17**, 3465–3483.

Duong, L.C., 2000: Lessons from severe tropical storm Linda, Workshop Report: "The Impact of El Niño and La Niña on Southeast Asia", 21–23 February, Hanoi.

Dwight, R.H., J.C. Semenza, D.B. Baker and B.H. Olson, 2002: Association of urban runoff with coastal water quality in Orange County, California. *Water Environ. Res.*, **74**, 82-90.

Dyurgerov, M. and M.F. Meier, 2005: *Glaciers and Changing Earth System: A 2004 Snapshot*. 58, INSTAAR, Boulder, CO.

Dyurgerov, M.B. and C.L. Carter, 2004: Observational evidence of increases in freshwater inflow to the Arctic Ocean. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, **36**(1), 117–122.

Eakin, H. and M.C. Lemos, 2006: Adaptation and the state: Latin America and the challenge of capacity – building under globalization. *Global Environ. Chang.*, **16**, 7–18.

Easterling, W.E., 2003: Observed impact of climate change in agriculture and forestry. *IPCC Workshop on the Detection and Attribution of the Effects of Climate Change*, GISS, New York, 54-55.

Ebi, K.L., D.M. Mills, J.B. Smith and A. Grambsch, 2006: Climate change and human health impacts in the United States: an update on the results of the US National Assessment. *Environ. Health Persp.*, **114**(9), 1318–1324

ECF (European Climate Forum) and Potsdam Institute, 2004: *Report on the Beijing Symposium on Article 2*, September, 2004.

Eckhardt, K. and U. Ulbrich, 2003: Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *J. Hydrol.*, **284**(1–4), 244–252.

EEA, 2004: *Impacts of Europe's changing climate: an indicator-based assessment*. EEA Report No 2/2004, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark (or: Luxembourg, Office for Official Publications of the EC), 107 pp.

EEA, 2005: *Vulnerability and adaptation to climate change in Europe*. EEA Technical Report No. 7/2005, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark (or: Luxembourg, Office for Official Publications of the EC).

Eheart, J.W. and D.W. Tornil, 1999: Low-flow frequency exacerbation by irrigation withdrawals in the agricultural Midwest under various climate change scenarios. *Water Resour. Res.*, **35**, 2237–2246.

Eid, H.M., S.M. El-Marsafawy and S.A. Ouda, 2006: *Assessing the Impacts of Climate Change on Agriculture in Egypt: a Ricardian Approach*. Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA) Discussion Paper No. 16, Special Series on Climate Change and Agriculture in Africa, University of Pretoria, Pretoria, 1-33.

Eisenreich, S.J., Ed., 2005: *Climate Change and the European Water Dimension*. Report to the European Water Directors. European Commission-Joint Research Centre, Ispra, 253 pp.

Eitzinger, J., M. Stastna, Z. Zalud and M. Dubrovsky, 2003: A simulation study of the effect of soil water balance and water stress in winter wheat production under different climate change scenarios. *Agric. Water Manage.,* **61**, 195-217.

El-Gindy, A., A.A. Abdel Azziz and E.A. El-Sahaar, 2001: *Design of Irrigation and Drainage Networks*. Faculty of Agriculture lectures, Ain Shams University, 28 pp (in Arabic).

Ellis, J., 1995: Climate variability and complex ecosystem dynamics; implications for pastoral development. *Living with Uncertainty: New Directions in Pastoral Development in Africa*, I. Scoones, Ed., Intermediate Technology Publications, London, 37-46.

Elpiner**,** L.I., 2004: Scenarios of human health changes under global hydroclimatic transformations. *Proc. Climate Change and Public Health in Russia in the XXI Century.* April 5–6, 2004, Publishing Company "Adamant", Moscow, 195–199 (in Russian).

Elsasser, H. and R. Burki, 2002: Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Clim. Res.*, **20**, 253–257.

Elsasser, H., R. Bürki and B. Abegg, 2003: *Fifth World Conference on Sport and the Environment*, IOC/UNEP, Turin. http://www.unep.org/sport_env/Documents/torinobuerki.doc.

Enfield, D.B., A.M. Mestas-Nuñez and P.J Trimble, 2001: The Atlantic Multidecadal Oscillation and its relation to rainfall and river flows in the continental US. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 2077–2080.

Environment Canada, 2001: *Threats to sources of drinking water and aquatic ecosystems health in Canada. National Water Research Report No.1*. National Water Resources Research Institute, Burlington, Ontario, 72 pp.

EPIQ (Environmental Policy and Institutional Strengthening Indefinite

Quantity, Water Policy Reform Activity, Agricultural Policy Reform Programme and Market-Based Incentives Team), 2002: Economic Instruments for Improved Water Resources Management in Egypt, Prepared for the United States Agency for International Development/Egypt, No. PCE-I-00-96-00002-00, 173 pp.

Ericson, J.P., C.J. Vorosmarty, S.L. Dingman, L.G. Ward and M. Meybeck, 2006: Effective sea-level rise and deltas: causes of change and human dimension implications. *Global Planet. Change*, **50**, 63–82.

Etchevers, P., C. Golaz, F. Habets and J. Noilhan, 2002: Impact of a climate change on the Rhone river catchment hydrology. *J. Geophys. Res.*, **107**, 4293, doi:10.1029/2001JD000490.

Evans, E., R. Ashley, J. Hall, E. Penning-Rowsell, A. Saul, P. Sayers, C. Thorne and A. Watkinson, 2004: *Foresight. Future Flooding. Scientific Summary: Volume 1. Future Risks and their Drivers*. Office of Science and Technology, London.

Falconer, I.R., 1997: Blue-green algae in lakes and rivers: their harmful effects on human health. *Australian Biologist*, **10**(2), 107–110.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2003: *World Agriculture Towards 2015/2030*. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/004/y3557e/y3557e00.htm.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2004a: *Yearbook of Fishery Statistics 2002*. Capture Production, Vol. 94/1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 654 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2004b: *Yearbook of Fishery Statistics 2002*, Aquaculture production, Vol. 94/2, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 206 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2004c: *Data Base*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2006: Third Session of the Sub-Committee on Aquaculture: Committee on Fisheries (COFI). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), New Delhi, India, 4-8 September.

Faruqui, N.I., A.K. Biswas and M.J. Bino, Eds., 2001: *Water Management in Islam*. United Nations University Press, Tokyo, 149 pp.

Fay, M., F. Ghesquiere and T. Solo, 2003b: Natural disasters and the urban poor. *IRDB En Breve,* **32**, The World Bank, 4 pp.

Fay, P.A., J.D. Carlisle, A.K. Knapp, J.M. Blair and S.L. Collins, 2003a: Productivity responses to altered rainfall patterns in a C-4-dominated grassland. *Oecologia*, **137**(2), 245–251.

Fedorov, A. and P. Konstantinov, 2003: Observations of surface dynamics with thermokarst initiation, Yukechi site, Central Yakutia. *Proc. VII International Permafrost Conference*, Switzerland, 21–25 July, 139–243.

Feng, S. and Q. Hu, 2004: Changes in agro-meteorological indicators in the contiguous United States: 1951-2000. *Theor. Appl. Climatol.*, **78**, 247-264.

Ferguson, G. and S.S. George, 2003: Historical and estimated ground water levels near Winnipeg, Canada and their sensitivity to climatic variability. *J. Am. Water Resour. As.*, **39**, 1249-1259.

Fink, A.H., T. Brücher, A. Krüger, G.C. Leckebusch, J.G. Pinto, and U. Ulbrich, 2004: The 2003 European summer heatwaves and drought: synoptic diagnosis and impacts. *Weather*, **59**, 209–216.

Fischer, G., M. Shah and H.V. Velthuizen, 2002a: *Climate Change and Agricultural Vulnerability*. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 152 pp.

Fischer, G., H. van Velthuizen, M. Shah and F.O. Nachtergaele, 2002b: *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st Century: Methodology and Results*. Research Report RR-02-02. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 119 pp and CD-Rom.

Fischer, G., F.N. Tubiello, H. van Velthuizen and D. Wiberg, 2006: Climate change impacts on irrigation water requirements: global and regional effects of mitigation, 1990–2080. *Tech. Forecasting Soc. Ch.,* **74,** doi:10.1016/j.techfore.2006.05.021.

Fish, M.R., I.M. Cote, J.A. Gill, A.P. Jones, S. Renshoff and A. Watkinson, 2005: Predicting the impact of sea level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat. *Conserv. Biol.*, **19**(2), 482–491.

Fleury, M.D., D. Charron, J. Holt, B. Allen and A. Maarouf, 2006: The role of ambient temperature in foodborne disease in Canada using time series methods *Int. J. Biometeorol.*, **50**, doi:10.1007/s00484-00006-00028-00489.

Folland, C. K., J.A. Renwick, M.J. Salinger, N. Jiang and N.A. Rayner, 2003: Trends and variations in South Pacific islands and ocean surface temperatures. *J. Climate*, **16**, 2859–2874.

Follett, R.F., 2001: Organic carbon pools in grazing land soils. *The Potential of U.S. Grazing Lands to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. R.F. Follett, J.M. Kimble and R. Lal, Eds., Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 65-86.

Fosaa, A.M., M.T. Sykes, J.E. Lawesson and M. Gaard, 2004: Potential effects of climate change on plant species in the Faroe Islands, *Global Ecol. Biogeogr.*, **13**, 427–437.

Francou, B. and C. Vincent, 2006: Les glaciers à l'épreuve du climat. IRD/BELIN, Paris, 274 pp.

Francou, B., M. Vuille, P. Wagnon, J. Mendoza and J.-E. Sicart, 2003: Tropical climate change recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S. *J. Geophys. Res.*, **108**, doi:10.1029/2002JD002959.

Frauenfeld, O.W., T. Zhang, R.G. Barry and D. Gilichinsky, 2004: Interdecadal changes in seasonal freeze and thaw depths in Russia. *J. Geophys. Res.*, **109**, doi:10.1029/2003JD004245.

Freibauer, A., M. Rounsevell, P. Smith and A. Verhagen, 2004: Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma,* **122**, 1-23.

Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G.K. Tank and T. Peterson, 2002: Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Clim. Res.*, **19**, 193–212.

Frolov, I., G. Alekseev and A. Danilov, 2004: Climate change in polar areas. *Proc. World Climate Change Conference*, Moscow, 29 September–3 October 2003, 484–490.

Fukushima, Y., 1987: Influence of forestation on mountainside at granite highlands. *Water Sci.*, **177**, 17-34.

Gagnon, A.S., K.E. Smoyer-Tomic and A. Bush, 2002: The El Niño Southern Oscillation and malaria epidemics in South America. *Int. J. Biometeorol.*, **46**, 81-89.

Gallagher, P. and L. Wood, 2003: *Proc. World Summit on Salmon*, June 10-13, 2003, Vancouver, British Columbia. http://www.sfu.ca/cstudies/science/summit.htm.

Gardner, T.A., I. Cote, G. Gill, A. Grant and A. Watkinson, 2003: Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science*, **301**, 958–960.

Gash, J.H.C. and W.J. Shuttleworth, 1991: Tropical deforestation: albedo and the surface energy balance. *Climatic Change*, **19**, 123-133.

Gavriliev, P.P. and P.V. Efremov, 2003: Effects of cryogenic processes on Yakutian landscapes under climate warming. *Proc. VII International Permafrost Conference*, Switzerland, 21–25 July, 277–282.

GDE (General Directorate of Environment, Comoros), 2002: *Initial National Communication on Climate Change*, Union des Comoros, Ministry of Development, Infrastructure, Post and Telecommunications.

Gedney, N., P.M. Cox, R.A. Betts, O. Boucher, C. Huntingford and P.A. Stott, 2006: Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records. *Nature*, **439**(7078), 835–838.

Genovese, G., C. Lazar and F. Micale, 2005: Effects of observed climate fluctuation on wheat flowering as simulated by the European

crop growth monitoring system (CGMS). *Proc. Workshop on Adaptation of Crops and Cropping Systems to Climate Change, 7-8 November 2005, Dalum Landbrugsskole, Odense, Denmark*. Nordic Association of Agricultural Scientists, 12 pp.

Genthon, C., G. Krinner and M. Sacchettini, 2003: Interannual Antarctic tropospheric circulation and precipitation variability. *Clim. Dyn.*, **21**, 289–307.

GEO-3, 2003: *Global Environmental Outlook*. United Nations Environmental Program, 279 pp. http://www.unep.org/geo/pdfs/GEO__lac2003English.pdf.

Georges, C., 2004: The 20th century glacier fluctuations in the Cordillera Blanca (Perú). *Arct. Antarct. Alp. Res.*, **36**(1), 100–107.

Geres, D., 2004: Analysis of the water demand management. *Proc. XXII Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*. Brno, 30 August–2 September 2004. CD-edition.

Gerolomo, M. and M.F. Penna, 1999: Os primeiros cinco anos da setima pandemia de cólera no Brasil. *Informe Epid. SUS*, **8**(3), 49–58.

Gerten, D., S. Schaphoff, U. Haberlandt, W. Lucht and S. Sitch, 2004: Terrestrial vegetation and water balance: hydrological evaluation of a dynamic global vegetation model. *J. Hydrol.*, **286**(1–4), 249–270.

Gibson, J.J., T.D. Prowse and D.L. Peters, 2006: Partitioning impacts of climate and regulation on water level variability in Great Slave Lake. *J. Hydrol.*, **329**, 196-206.

Gilman, E., H. Van Lavieren, J. Ellison, V. Jungblut, L. Wilson, F.Ereki, G. Brighouse, J. Bungitak, E. Dus, M. Henry, I. Sauni, M. Kilman, E. Matthews, N.Teariki-Ruatu, S. Tukia, K. Yuknavage, 2006: Pacific island mangroves in a changing climate and rising sea. *UNEP Regional Sea Reports and Studies,* **179**, United Nations Environment Programme, Regional Sea 44 Programme, Nairobi, 45 pp.

Giorgi, F., X. Bi and J. Pal, 2004: Mean, interannual variability and trend in a regional climate change experiment over Europe. II: Climate change scenarios 2071–2100. *Clim. Dyn.,* **23,** doi:10.1007/s00382-004-0467-0.

Gitay, H., S. Brown, W. Easterling and B. Jallow, 2001: Ecosystems and their goods and services. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 237-342.

Gitay, H., A. Suárez, R.T. Watson and D.J. Dokken, Eds., 2002: *Climate Change and Biodiversity*. IPCC Technical Paper V, IPCC, Geneva, 85 pp.

Githeko, A.K. and W. Ndegwa, 2001: Predicting malaria epidemics in Kenyan highlands using climate data: a tool for decision makers. *Global Change Human Health*, **2**, 54-63.

Glantz, M.H., Ed., 2001: *Once Burned, Twice Shy? Lessons Learned from the 1997–98 El Niño*, United Nations University, 294 pp.

Gnadlinger, J., 2003: *Captação e Manejo de Água de Chuva e Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Brasileiro - Uma Visão Integrada,* 4º Simpósio Brasileiro de captação e Manejo de água de chuva. 9-12/07/2003. Juazeiro, BA, 2003.

Goldenberg, S.B. and Co-authors, 2001: The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. *Science*, **293**, 474–479.

Golubev, V.S. and Co-authors, 2001: Evaporation changes over the contiguous United States and the former USSR: a reassessment. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 2665–2668.

Gonzalez, P., 2001. Desertification and a shift of forest species in the West African Sahel. *Clim. Res.*, **17**, 217–228

Good, P., L. Bärring, C. Giannakopoulos, T. Holt and J. Palutikof, 2006: Non-linear regional relationships between climate extremes and annual mean temperatures in model projections for 1961-2099 over Europe. *Clim. Res.*, **31**, 19–34.

Gordon, W. and J.S. Famiglietti, 2004: Response of the water balance to climate change in the United States over the 20th and 21st centuries: results from the VEMAP phase 2 model intercomparisons. *Global Biogeochem. Cy.*, **181**, GB1030.

Gorham, E., 1991: Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecol. Appl.*, **1**, 182–195.

Government of South Australia, 2005: *Water Proofing Adelaide: A Thirst for Change 2005–2025*. Government of SA, 64 pp. http://www.waterproofingadelaide.sa.gov.au/pdf/wpa_Strategy.pdf.

Government of Western Australia, 2003: *Securing our Water Future: A State Water Strategy for Western Australia*. Government of WA, 64 pp. http://dows.lincdigital.com.au/files/State_Water_Strategy_complete_001.pdf.

Government of Western Australia, 2006: *Draft State Water Plan*. Government of WA, 88 pp. http://dows.lincdigital.com.au/files/Draft%20State%20Water%20Plan.pdf.

Graham, N.A.J., S.K. Wilson, S. Jennings, N.V.C. Polunin, J.P. Bijoux and J. Robinson, 2006: Dynamic fragility of oceanic coral reef ecosystems. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 8425–8429.

Graves, H. M. and M. C. Phillipson, 2000: Potential implications of climate change in the built environment. *FBE Report* **2**. Building Research Establishment Press, London, 74 pp.

Green, R.E., S.J. Cornell, J.P.W. Scharlemann and A. Balmford, 2005: Farming and the fate of wild nature. *Science*, **307**, 550-555.

Greenwood, E.A.N., L.B. Klein, J.D. Beresford and G.D. Watson, 1985: Differences in annual evaporation between grazed pasture and eucalyptus species in plantation on a saline farm catchment. *J. Hydrol.*, **78**, 261-278.

Gregorich, E.G., P. Rochette, A.J. van den Bygaart and D.A. Angers, 2005: Greenhouse gas contributions of agricultural soils and potential mitigation practices in Eastern Canada. *Soil and Tillage Res.*, **83**, 53-72.

Griffiths, G.M., M.J. Salinger and I. Leleu, 2003: Trends in extreme daily rainfall across the South Pacific and relationship to the South Pacific Convergence Zone. *J. Climatol.*, **23**, 847–869.

Gritti, E.S., B. Smith and M.T. Sykes., 2006: Vulnerability of Mediterranean Basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species. *J. Biogeogr.*, **33**, 145–157.

Groisman, P.Y., R.W. Knight, T.R. Karl, D.R. Easterling, B. Sun and J.H. Lawrimore, 2004: Contemporary changes of the hydrological cycle over the contiguous United States: trends derived from *in situ* observations. *J. Hydrometeorol.*, **5**, 64–85.

Groisman, P.Y. and Co-authors, 2005: Trends in intense precipitation in the climate record. *J. Clim.*, 18, 1326–1350.

Gruza, G. and E. Rankova, 2004: Detection of changes in climate state, climate variability and climate extremity, in *Proc. World Climate Change Conference*, 29 September–3 October, 2003, Moscow, 90–93.

Gueye, L., M. Bzioul and O. Johnson, 2005: Water and sustainable development in the countries of Northern Africa: coping with challenges and scarcity. *Assessing Sustainable Development in Africa*, Africa's Sustainable Development Bulletin, Economic Commission for Africa, Addis Ababa, 24-28.

Guo, Q.X., J.L. Li, J.X. Liu and Y.M. Zhang, 2001: The scientific significance of the forest vegetation ecotone between Daxing'an and Xiaoxing'an Mountains to global climate change study. *J. Forestry, Northeast University*, **29**(5), 1–4.

Gupta, S.K. and R.D. Deshpande, 2004: Water for India in 2050: first-order assessment of available options. *Current Sci.*, **86**(9), 1216–1224.

Gutiérrez Teira, B., 2003: Variaciones de las comunidades y poblaciones de macroinvertebrados del tramo alto del río manzanares a causa de la temperatura. Posibles efectos del cambio climático. *Tesis*

Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

GWP (Global Water Partnership), 2002: *Dialogue on Effective Water Governance*, GWP, 6 pp.

Haeberli, W. and C. Burn, 2002: Natural hazards in forests - glacier and permafrost effects as related to climate changes. *Environmental Change and Geomorphic Hazards in Forests,* R.C. Sidle, Ed., IUFRO Research Series, 9, 167-202.

Hales S., N. de Wett, J. Maindonald and A. Woodward, 2002: Potential effect of population and climates change models on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet*, **360**, 830-834.

Hall, C.J. and C.W. Burns, 2002: Mortality and growth responses of *Daphnia carinata* to increases in temperature and salinity. *Freshw. Biol*., **47**, 451–458.

Hall, G., R. D'Souza and M. Kirk, 2002: Foodborne disease in the new millennium: out of the frying pan and into the fire? *Med. J. Australia*, **177**, 614-618.

Hall, J.W., P.B. Sayers and R.J. Dawson, 2005: National-scale assessment of current and future flood risk in England and Wales. *Nat. Hazards*, **36**, 147–164.

Hamlet, A.F., 2003: The role of transboundary agreements in the Columbia River Basin: an integrated assessment in the context of historic development, climate, and evolving water policy. *Climate, Water, and Transboundary Challenges in the Americas*, H. Diaz and B. Morehouse, Eds., Kluwer Press, Dordrecht, 263-289.

Harding, R.J., 1992: The modification of climate by forests. *Growth and Water Use of Forest Plantations,* I.R. Calder, R.L. Hall and P.G. Adlard, Eds., John Wiley and Sons, Chichester, 332-346.

Hareau, A., R. Hofstadter and A. Saizar, 1999: Vulnerability to climate change in Uruguay: potential impacts on the agricultural and coastal resource sectors and response capabilities. *Clim. Res*., **12**, 185–193.

Harman, J., M. Gawith and M. Calley, 2005: Progress on assessing climate impacts through the UK Climate Impacts Programme, *Weather*, **60**, 258–262.

Harrison, G.P. and H.W. Whittington, 2002: Susceptibility of the Batoka Gorge hydroelectric scheme to climate change. *J. Hydrol*., **264**(1–4), 230–241.

Hartmann, J., K. Ebi, J. McConnell, N. Chan and J.P. Weyant, 2002: Stable malaria transmission in Zimbabwe under different climate change scenarios. *Global Change and Human Health*, **3**, 2–14.

Hatfield, J.L. and J.H. Pruger, 2004: Impacts of changing precipitation patterns on water quality. *J. Soil Water Conserv*., **59**, 51-58.

Hay, S.I., D.J. Rogers, S.E. Randolph, D.I. Stern, J. Cox, G.D. Shanks and R.W. Snow, 2002a: Hot topic or hot air? Climate change and malaria resurgence in East African highlands. *Trends Parasitol*., **18**, 530-534.

Hay, S.I., J. Cox, D.J. Rogers, S.E. Randolph, D.I. Stern, G.D. Shanks, M.F. Myers and R.W. Snow, 2002b: Climate change and the resurgence of malaria in the East African highlands. *Nature*, **415**, 905-909.

Hay, S.I., G.D. Shanks, D.I. Stern, R.W. Snow, S.E. Randolph and D.J. Rogers, 2005: Climate variability and malaria epidemics in the highlands of East Africa. *Trends Parasitol*., **21**, 52-53.

Hayhoe, K. and Co-authors, J.H., 2004: Emissions pathways, climate change, and impacts on California. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**, 12422-12427.

Haylock, M.R. and C.M. Goodess, 2004: Interannual variability of extreme European winter rainfall and links with mean large-scale circulation. *Int. J. Climatol*., **24**, 759–776.

Haylock, M.R., T. Peterson, L.M. Alves, T. Ambrizzi, Y.M.T. Anunciação, J. Baez, V.R. Barros, M.A. Berlato and Co-authors, 2006: Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *J. Climate*, **19**, 1490-1512.

Helgason, B.L., H.H. Janzen, M.H. Chantigny, C.F. Drury, B.H. Ellert, E.G. Gregorich, Lemke, E. Pattey, P. Rochette and C. Wagner-Riddle, 2005: Toward improved coefficients for predicting direct N_2O emissions from soil in Canadian agroecosystems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **71**, 7-99.

Helms, M., B. Büchele, U. Merkel and J. Ihringer, 2002: Statistical analysis of the flood situation and assessment of the impact of diking measures along the Elbe (Labe) river. *J. Hydrol*., **267**, 94–114.

Hemp, A., 2005: Climate change-driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro. *Glob. Change Biol*., **11**, 1013-1023.

Hendy, C. and J. Morton, 2001: Drought-time grazing resources in Northern Kenya. *Pastoralism, Drought and Planning: Lessons from Northern Kenya and Elsewhere*, J. Morton, Ed., Natural Resources Institute, Chatham, 139-179.

Herath, S. and U. Ratnayake, 2004: Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts: a case study from Sri Lanka (1964–1993). *Global Environ. Change*, **14**, 71–79.

Herron, N., R. Davis and R. Jones, 2002: The effects of large-scale afforestation and climate change on water allocation in the Macquarie River catchment, NSW, Australia. *J. Environ. Manage*., **65**, 369–381.

Hewitt, K., 2005: The Karakoram anomaly? Glacier expansion and the "elevation effect", Karakoram Himalaya. *Mountain Research and Development*, **25**(4), 332–340.

Hibbert, A.R., 1967: Forest treatment effects on water yield. *Forest Hydrology. Proc. International Symposium on Forest Hydrology,* W.E. Sopper and H.W. Lull, Eds., Forest hydrology, Pergamon Press, London, 527-543.

Higashi, H., K. Dairaku and T. Matuura, 2006: Impacts of global warming on heavy precipitation frequency and flood risk, *Jour. Hydroscience and Hydraulic Engineering*, **50**, 205–210.

Hild, C. and V. Stordhal, 2004: Human health and well-being. *Arctic Human Development Report (AHDR)*. N. Einarsson, J.N. Larsen, A. Nilsson and O.R. Young, Eds., Steffanson Arctic Institute, Akureyri, 155-168 pp.

Hinzman, L., N. Bettez, W. Bolton, F. Chapin, M. Dyurgerov, C. Fastie, B. Griffith, R. Hollister and Co-authors., 2005: Evidence and implications of recent climate change in northern Alaska and other Arctic regions. *Climatic Change*, **72**, 251–298.

Hoanh, C.T., H. Guttman, P. Droogers and J. Aerts, 2004: Will we produce sufficient food under climate change? Mekong Basin (South-east Asia). *Climate Change in Contrasting River Basins: Adaptation Strategies for Water, Food, and Environment*, Aerts, J.C.J.H. Aerts and P. Droogers, Eds., CABI Publishing, Wallingford, 157–180.

Hobbins, M.T., J.A. Ramirez, and T.C. Brown, 2004: Trends in pan evaporation and actual evapotranspiration across the conterminous U.S.: Paradoxical or complementary? *Geophys. Res. Lett*., **31**, L13503, doi:10/10029/2004GL019846.

Hock, R., P. Jansson and L. Braun, 2005: Modelling the response of mountain glacier discharge to climate warming. *Global Change and Mountain Regions: A State of Knowledge Overview*. Advances in Global Change Series, U.M. Huber, M.A. Reasoner and H. Bugmann, Eds., Springer, Dordrecht, 243–252.

Hodgkins, G.A., R.W. Dudley and T.G. Huntington, 2003: Changes in the timing of high river flows in New England over the 20th century. *J. Hydrol*., **278**(1–4), 244–252.

Hodgkins, G.A., R.W. Dudley and T.G. Huntington, 2005: Summer low flows in New England during the 20th century. *J. Am. Water Resourc. Assoc*., **41**(2), 403–412.

Hoelzle, M., W. Haeberli, M. Dischl and W. Peschke, 2003: Secular glacier mass balances derived from cumulative glacier length

changes. *Global Planet. Change*, **36**, 295–306.
Holden, N.M., A.J. Brereton, R. Fealy and J. Sweeney, 2003: Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agric. For. Meteorol.*, **116**, 181–196.
Hood, A. and Co-authors, 2002: Options for Victorian Agriculture in a "New" Climate: *A Pilot Study Linking Climate Change Scenario Modelling* and *Land Suitability Modelling*. Volume One - *Concepts and Analysis*. 62 pp. Volume Two - *Modelling Outputs*. Department of Natural Resources and Environment – Victoria, Australia, 83 pp.
Hoogwijk, M., 2004: *On the Global and Regional Potential of Renewable Energy Sources*. PhD thesis, Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht, 256 pp.
Hoogwijk, M., A. Faaij, B. Eickhout, B. de Vries and W. Turkenburg, 2005: Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios. *Biomass and Bioenergy,* **29**, 225-257.
Hooijer, M., F. Klijn, G.B.M. Pedroli and A.G. van Os, 2004: Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: synopsis of the findings of IRMA-SPONGE. *River Res. Appl.*, **20**, 343–357.
Hortle, K. and S. Bush, 2003: Consumption in the Lower Mekong Basin as a measure of fish yield. *New Approaches for the Improvement of Inland Capture Fishery Statistics in the Mekong Basin*, T. Clayton, Ed., FAO RAP Publication 2003/01, Bangkok, 76-88.
Howe, A.D., S. Forster, S. Morton, R. Marshall, K.S. Osborn, P. Wright and P.R. Hunter, 2002: *Cryptosporidium* oocysts in a water supply associated with a cryptosporidiosis outbreak. *Emerg. Infect. Dis.*, **8**, 619–624.
Howe, C., R.N. Jones, S. Maheepala and B. Rhodes, 2005: *Implications of Potential Climate Change for Melbourne's Water Resources*. CSIRO Urban Water, CSIRO Atmospheric Research and Melbourne Water, Melbourne, 26 pp.
Hu, D.X., W.Y. Han and S. Zhang, 2001: *Land–Ocean Interaction in Changjiang and Zhujiang Estuaries and Adjacent Sea Areas*. China Ocean Press, Beijing, 218 pp (in Chinese).
Huang, H.J., F. Li, J.Z. Pang, K.T. Le and S.G. Li, 2005: *Land–Ocean Interaction between Huanghe Delta and Bohai Gulf and Yellow Sea*. China Science Press, Beijing, 313 pp (in Chinese).
Huang, Z.G. and Xie X.D., 2000: *Sea Level Changes in Guangdong and its Impacts and Strategies*. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou, 263 pp.
Huffaker, R., 2005: Finding a modern role for the prior appropriation doctrine in the American West. *Water Institutions: Policies, Performance and Prospects,* C. Gopalakrishnan, C. Tortajada and A.K. Biswas, Eds., Springer, Berlin, 187–200.
Hunt, M., 2005: *Flood Reduction Master Plan,* Presented to the City of Peterborough City Council, Peterborough, Canada.
Hunter, P.R., 2003: Climate change and waterborne and vector-borne disease. *J. Appl. Microbiol.*, **94**, 37S–46S.
Huntington, T.G., 2006: Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis. *J. Hydrol.*, **319**, 83–95.
Hurrell, J.W. and Co-authors, 2003: An overview of the North Atlantic Oscillation. *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*, J.W. Hurrell and Co-authors, Eds., Geophysical Monograph 134, American Geophysical Union, Washington, DC, 1–35.
Hurtado-Díaz, M., H. Riojas-Rodríguez, S.J. Rothenberg, H. Gomez-Dantés and E. Cifuentes-García, 2006: Impacto de la variabilidad climática sobre la incidencia del dengue en México. *International Conference on Environmental Epidemiology and Exposure*, Paris.
Huston, M.A. and G. Marland, 2003: Carbon management and biodiversity. *J. Environ. Manage.*, **67**, 77-86.
Hyvarinen,V., 2003: Trend and characteristics of hydrological time series in Finland. *Nordic Hydrol.,* **34**, 71-91.
Iafiazova, R.K., 1997: Climate change impact on mud flow formation in Trans-Ili Alatay mountains. *Hydrometeorology and Ecology*, **3**, 12–23 (in Russian).
ICID (International Commission on Irrigation and Drainage, New Delhi), 2005: *Water Policy Issues of Egypt*, Country Policy Support Programme, 36 pp.
Iglesias, A., T. Estrela and F. Gallart, 2005: Impactos sobre los recursos hídricos. *Evaluación Preliminar de los Impactos en España for Efecto del Cambio Climático*, J.M. Moreno, Ed., Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 303–353.
Inouye, D.W., B. Barr, K.B. Armitage and B.D. Inouye, 2000: Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **97**(4), 1630–1633.
Instanes, A. and Co-authors, 2005: Infrastructure: buildings, support systems, and industrial facilities. *Arctic Climate Impact Assessment, ACIA*. C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 907–944.
IOCI, 2002: *Climate Variability and Change in SouthWest Western Australia*. Indian Ocean Climate Initiative. Perth, Australia, 36 pp. http://www.ioci.org.au/publications/pdf/IOCI_CVCSW02.pdf.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2000: *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, R. T. Watson, I. R. Noble, B. Bolin, N. H. Ravindranath, D. J. Verardo and D. J. Dokken, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 375 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001a: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 881 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001b: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 1032 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001c: *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. Davidson, R. Swart and J. Pan, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 760 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007a: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 996 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007b: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 976 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007c: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz, O. Davidson, P.Bosch, R. Dave and L. Meyer, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 851 pp.
IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007d: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Core Writing Team, R.K Pachauri and A. Reisinger, Eds., IPCC, Geneva, 102 pp.
IRDB, 2000: *Gestión de los Recursos Hídricos de Argentina.*

Elementos de Política para su Desarrollo Sustentable en el siglo XXI. Oficina Regional de América Latina y Caribe. Unidad Departamental de Argentina y los Grupos de Finanzas, Sector Privado y Infraestructura, y Medio Ambiente y Desarrollo Social Sustentable. Informe No. 20.729-AR. August 2000.

Isensee, A.R. and A.M. Sadeghi, 1996: Effect of tillage reversal on herbicide leaching to groundwater. *Soil Sci.,* **161**, 382-389.

Ivanov, B. and T. Maximov, Eds., 2003: *Influence of Climate and Ecological Changes on Permafrost Ecosystems*. Yakutsk Scientific Center Publishing House, Yakutsk, 640 pp.

Ivey, J.L., J. Smithers, R.C. de Loe and R.D. Kreutzwiser, 2004: Community capacity for adaptation to climate-induced water shortages: linking institutional complexity and local actors. *Environ. Manage.*, **33**(1), 36–47.

Izrael, Y.A. and Y.A. Anokhin, 2001: Climate change impacts on Russia. *Integrated Environmental Monitoring*, Nauka, Moscow, 112–127 (in Russian with an English abstract).

Izrael, Y.A., Y.A. Anokhin and A.V. Pavlov, 2002: Permafrost evolution and the modern climate change. *Meteorol. Hydrol.*, **1**, 22–34.

Jackson, R.B., E.G. Jobbágy, R. Avissar, S. Baidya Roy, D. Barrett, C.W. Cook, K.A. Farley, D.C. le Maitre, B.A. McCarl and B.C. Murray, 2005: Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science*, **310**, 1944-1947.

Jansson, P., R. Hock and T. Schneider, 2003: The concept of glacier storage: a review. *J. Hydrol.,* **282**, 116–129.

Jasper, K., P. Calanca, D. Gyalistras and J. Fuhrer, 2004: Differential impacts of climate change on the hydrology of two alpine rivers. *Clim. Res.*, **26**, 113–125.

Jenkins, B., 2006: Overview of Environment Canterbury water issues. managing drought in a changing climate. *Royal Society of New Zealand Drought Workshop, 10 April 2006*, Christchurch, NZ. http://www.rsnz.org/advisory/nz_climate/workshopApr2006/.

Jeppesen, E., J.P. Jensen and M. Søndergaard, 2003: Climatic warming and regime shifts in lake food webs: some comments. *Limnol. Oceanogr.*, **48**, 1346–1349.

Jiménez, B., 2003: Health risks in aquifer recharge with recycle water. *State of the Art Report Health Risk in Aquifer Recharge using Reclaimed Water,* R. Aertgeerts and A. Angelakis, Eds., WHO Regional Office for Europe, 54–172.

Jin, Z.Q., C.L. Shi, D.K. Ge and W. Gao, 2001: Characteristic of climate change during wheat growing season and the orientation to develop wheat in the lower valley of the Yangtze River. *Jiangsu J. Agric. Sci.*, **17**(4), 193–199.

Jiongxin, X., 2003: Sediment flux to the sea as influenced by changing human activities and precipitation: example of the Yellow River, China. *Environ. Manage*, **31**, 328–341.

Johannessen, O.M., Khvorostovsky, K., Miles, M.W. and Bobylev, L.P., 2005: Recent ice-sheet growth in the interior of Greenland. *Science*, **310**(5750), 1013–1016.

Johnson, W.C., B.V. Millett, T. Gilmanov, R.A. Voldseth, G.R. Guntenspergen and D.E. Naugle, 2005: Vulnerability of northern prairie wetlands to climate change. *BioScience*, **55**(10), 863–872.

Jones, B. and D. Scott, 2006: Implications of climate change to Ontario's provincial parks. *Leisure*, **30** (1), 233-261.

Jones, J.A. and G.E. Grant, 1996: Peak flow response to clear-cutting and roads in small and large basins, western Cascades, Oregon. *Water Resourc. Res.*, **32**, 959-974.

Jones, M.L., B.J. Shuter, Y.M. Zhao and J.D. Stockwell, 2006: Forecasting effects of climate change on Great Lakes fisheries: models that link habitat supply to population dynamics can help. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **63**, 457-468.

Jones, P.D., T.J. Osborn and K.R. Briffa, 2003a: Pressure-based measures of the North Atlantic Oscillation (NAO): A comparison and an assessment of changes in the strength of the NAO and in its influence on surface climate parameters. *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*, Hurrell, J.W. and Co-authors, Eds., Geophysical Monograph 134, American Geophysical Union, Washington, DC, 51–62.

Jones, P.D., D.H. Lister, K.W. Jaggard and J.D. Pidgeon, 2003b: Future climate impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe. *Climatic Change*, **58**, 93–108.

Jones, R. and P. Durack, 2005: *Estimating the Impacts of Climate Change on Victoria's Runoff using a Hydrological Sensitivity Model*. Consultancy Report for the Victorian Department of Sustainability and Environment, 50 pp.

Jones, R.N. and C.M. Page, 2001: Assessing the risk of climate change on the water resources of the Macquarie River catchment. *Integrating Models for Natural Resources Management Across Disciplines: Issues and Scales*, F. Ghassemi, P.H. Whetton, R. Little and M. Littleboy, Eds., Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, Canberra, 673–678.

Jordan, E., 1991: *Die gletscher der bolivianischen Anden: eine photogrammetrisch-kartographische Bestandsaufnahme der Gletscher Boliviens als Grundlage für klimatische Deutungen und Potential für die wirtschaftliche Nutzung (The Glaciers of the Bolivian Andes, A Photogrammetric-Cartographical Inventory of the Bolivian Glaciers as a Basis for Climatic Interpretation and Potential for Economic Use)*. Erdwissenschaftliche Forschung 23, Franz Steiner Verlag, Stuttgart, 401 pp.

Jorgenson, M.T., C.H. Racine, J.C. Walters and T.E. Osterkamp, 2001: Permafrost degradation and ecological changes associated with a warming climate in central Alaska. *Climatic Change*, **48**(4), 551–571.

Justic, D., N.N. Rabalais and R.E. Turner, 2005: Coupling between climate variability and coastal eutrophication: evidence and outlook for the northern Gulf of Mexico. *J. Sea Res.*, **54**(1), 25–35.

Kabat, P., R.E. Schulze, M.E. Hellmuth and J.A. Veraart, Eds., 2002: *Coping with Impacts of Climate Variability and Climate Change in Water Management: a Scoping Paper.* DWC Report No. DWCSSO-01(2002), International Secretariat of the Dialogue on Water and Climate, Wageningen.

Kajiwara, M., T. Oki and J. Matsumoto, 2003: *Inter-annual Variability of the Frequency of Severe Rainfall in the Past 100 Years over Japan*. Extended abstract for a bi-annual meeting of the Meteorological Society of Japan (in Japanese).

Kanai, S., T. Oki and A. Kashida, 2004: Changes in hourly precipitation at Tokyo from 1890 to 1999. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 241–247.

Kane, R.P., 2002: Precipitation anomalies in southern America associated with a finer classification of El Niño and La Niña events. *Int. J. Climatol.*, **22**, 357-373.

Kang, G., B.S. Ramakrishna, J. Daniel, M. Mathan and V. Mathan, 2001: Epidemiological and laboratory investigations of outbreaks of diarrhoea in rural South India: implications for control of disease. *Epidemiol. Infect.*, **127**, 107.

Karst-Riddoch, T.L., M.F.J. Pisaric and J.P. Smol, 2005: Diatom responses to 20th century climate-related environmental changes in high-elevation mountain lakes of the northern Canadian Cordillera. *J. Paleolimnol.*, **33**, 265-282.

Kaser, G. and H. Osmaston, 2002: *Tropical Glaciers*. UNESCO International Hydrological Series. Cambridge University Press, Cambridge, 207 pp.

Kaser, G. and Co-authors, 2003: The impact of glaciers on the runoff and the reconstruction of mass balance history from hydrological data in the tropical Cordillera Blanca, Peru. *J. Hydrol.*, **282**, 130–144.

Kashyap, A., 2004: Water governance: learning by developing adaptive capacity to incorporate climate variability and change. *Water Sci. Technol.*, **19**(7), 141–146.

Kaspar, F., 2003: *Entwicklung und Unsicherheitsanalyse eines globalen hydrologischen (Model Development and Uncertainty Analysis of*

a Global Hydrological Model). University of Kassel, Kassel, PhD thesis.

Kaste, Ø., K. Rankinen and A. Leipistö, 2004: Modelling impacts of climate and deposition changes on nitrogen fluxes in northern catchments of Norway and Finland. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **8**, 778–792.

Kay, A., V. Bell and H. Davies, 2006a: *Model Quality and Uncertainty for Climate Change Impact*. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford.

Kay, A., N.A. Reynard and R.N. Jones, 2006b: RCM rainfall for UK flood frequency estimation. II. Climate change results. *J. Hydrol.*, **318**, 163–172.

Keddy, P.A., 2000: *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, 614 pp.

Keller, F., S. Goyette and M. Beniston, 2005: Sensitivity analysis of snow cover to climate change scenarios and their impact on plant habitats in alpine terrain. *Climatic Change*, **72**(3), 299–319.

Kergoat, L., S. Lafont, H. Douville, B. Berthelot, G. Dedieu, S. Planton and J.-F. Royer, 2002: Impact of doubled CO_2 on global-scale leaf area index and evapotranspiration: conflicting stomatal conductance and LAI responses. *J. Geophys. Res.*, **107**(D24), 4808.

Kerr, R., 2000: A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, **288**, 1984–1985.

Kerr, S.A., 2005: What is small island sustainable development about? *Ocean Coast. Manage.*, **48**, 503–524.

Khan, T.M.A., O.P. Singh and M.S. Rahman, 2000: Recent sea level and sea surface temperature trends along the Bangladesh coast in relation to the frequency of intense cyclones. *Marine Geodesy*, **23**(2), 103–116.

Kharkina, M.A., 2004: Natural resources in towns. *Energia*, **2**, 44–50.

Kirschbaum, M. and A. Fischlin, 1996: Climate change impacts on forests. *Climate Change 1995: Impacts; Adaptations and Mitigation of Climate Change. Scientific-Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*., R. Watson, M.C. Zinyowera and R.H. Moss, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 95-129.

Kirshen, P., M. McCluskey, R. Vogel and K. Strzepek, 2005a: Global analysis of changes in water supply yields and costs under climate change: a case study in China. *Climatic Change*, **68**(3), 303–330.

Kirshen, P., M. Ruth and W. Anderson, 2005b: Responding to climate change in Metropolitan Boston: the role of adaptation. *New Engl. J. Public Pol.*, **20**(2), 89–104.

Kirshen, P., M. Ruth and W.Anderson, 2006: Climate's long-term impacts on urban infrastructures and services: the case of Metro Boston. *Regional Climate Change and Variability: Impacts and Responses*, M. Ruth, K. Donaghy and P.H. Kirshen, Eds., Edward Elgar Publishers, Cheltenham, 190–252.

Kishor, P.B.K., Z. Hong, G. Miao, C. Hu and D. Verma, 1995: Overexpression of Δ1-pyrroline-5-carboxylase synthase increases praline production and confers osmotolerance in transgenic plants. *J. Plant Physiol.*, **108**, 1387-1394.

Kistemann, T., T. Classen, C. Koch, F. Dagendorf, R. Fischeder, J. Gebel, V. Vacata and M. Exner, 2002: Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Appl. Environ. Microbiol.*, **68**(5), 2188–2197,

Kjellström, E., 2004: Recent and future signatures of climate change in Europe. *Ambio*, **23**, 193-198.

Klanderud, K. and H.J.B. Birks, 2003: Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *Holocene,* **13**(1), 1.

Klein, R.J., T.J. Nicholls, and J. Thomalla, 2003: The resilience of coastal mega cities to weather-related hazards in building safer cities*: The Future of Climate Change*, A. Kreimer, M. Arnold and A. Karlin, Eds., World Bank, Washington, DC, 101–121.

Klein Tank, A.M.G., J.B. Wijngaard, G.P. Konnen, R. Bohm, G. Demaree, A. Gocheva, M. Mileta, S. Pashiardis, L. Hejkrlik, C. Kern-Hansen, R. Heino, P. Bessemoulin, G. Muller-Westermeier, M. Tzanakou, S. Szalai, T. Palsdottir, D. Fitzgerald, S. Rubin, M. Capaldo, M. Maugeri, A. Leitass, A. Bukantis, R. Aberfeld, A.F.V. VanEngelen, E. Forland, M. Mietus, F. Coelho, C. Mares, V. Razuvaev, E. Nieplova, T. Cegnar, J.A. López, B. Dahlstrom, A. Moberg, W. Kirchhofer, A. Ceylan, O. Pachaliuk, L.V. Alexander and P. Petrovic, 2002: Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, **22**, 1441–1453.

Klein Tank, A.M.G. and G.P. Können, 2003: Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–1999. *J. Clim.*, **16**, 3665–3680.

Klijn, F., J. Dijkman and W. Silva, 2001: *Room for the Rhine in the Netherlands. Summary of Research Results*. RIZA Report 2001.033, Rijkswaterstaat, Utrecht.

Klijn, F., M. van Buuren and S.A.M. van Rooij, 2004: Flood-risk management strategies for an uncertain future: living with Rhine river floods in the Netherlands? *Ambio*, **33**(3), 141–147.

Knight, C.G., I. Raev, and M. P. Staneva, Eds., 2004: *Drought in Bulgaria: A Contemporary Analog of Climate Change*. Ashgate, Aldershot, Hampshire 336 pp.

Knight, J. and Co-authors, 2005: a signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L20708, doi:1029/2005GL024233.

Knowles, N., M.D. Dettinger and D.R. Cayan, 2006: Trends in snowfall versus rainfall for the western United States, 1949–2004. *J. Climate*, **18**, 1136–1155.

Ko, A., R.M. Galvão, D. Ribeiro, C.M. Dourado, W.D. Johnson Jr. and L.W. Riley, 1999: Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil, Salvador. Leptospirosis Study Group. *Lancet*, **354**, 820-825.

Kobayashi, K., 1987: Hydrologic effects of rehabilitation treatment for bare mountain slops. *Bull. Forestry Forest Products Res. Instit.*, **300**, 151-185.

Koga, N., T. Sawamoto and H. Tsuruta 2006: Life cycle inventory-based analysis of greenhouse gas emissions from arable land farming systems in Hokkaido, northern Japan. *Soil Science and Plant Nutrition,* **52**, 564-574.

Korhola, A. and Co-authors, 2002: A multi-proxy analysis of climate impacts on recent ontogeny of subarctic Lake Sannajärvi in Finnish Lapland. *J. Paleolimnol.*, **1**, 59–77.

Körner, C., 1999: *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer, Berlin, 343 pp.

Kosek, M., C. Bern and R.L. Guerrent, 2003: The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. *Bull. World Health Organ.*, **81**, 197-204.

Kovats, R.S. and C. Tirado, 2006: Climate, weather and enteric disease. *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health,* B. Menne and K.L. Ebi, Eds., Springer, Darmstadt, 269–295.

Kovats, R.S., Campbell-Lendrum D. and Matthies, F., 2005: Climate change and human health: estimating avoidable deaths and disease. *Risk Analysis*, **25**(6), 1409–1418.

Kramer, R., D. Richter, S. Pattanayak and N. Sharma, 1997: Economic and ecological analysis of watershed protection in eastern Madagascar. *J. Environ. Manage.,* **49**, 277-295.

Krauss, K.W., J.L. Chambers, J.A. Allen, D.M. Soileau Jr and A.S. DeBosier, 2000: Growth and nutrition of baldcypress families planted under varying salinity regimes in Louisiana, USA. *J. Coast. Res.*, **16**, 153–163.

Kriticos, D.J., T. Yonow and R.C. McFadyen, 2005: The potential distribution of *Chromolaena odorata* (Sim weed) in relation to climate. *Weed Research*, **45**, 246–254

Kron, W. and G. Berz, 2007: Flood disasters and climate change: trends and options – a (re-)insurer's view. *Global Change: Enough Water for All?* J.L. Lozán, H. Graßl, P. Hupfer, L. Menzel and C.-D. Schönwiese, Eds., University of Hamburg, Hamburg, 268-273.

Krüger, A., U. Ulbrich and P. Speth, 2002: Groundwater recharge in Northrhine-Westfalia by a statistical model for greenhouse gas scenarios. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, **26**, 853–861.

Krysanova, V. and F. Wechsung, 2002: Impact of climate change and higher CO_2 on hydrological processes and crop productivity in the state of Brandenburg, Germany. *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management*, M. Beniston, Ed., Kluwer, Dordrecht, 271–300.

Krysanova, V., F. Hattermann and A. Habeck, 2005: Expected changes in water resources availability and water quality with respect to climate change in the Elbe River basin (Germany). *Nordic Hydrol.*, **36**(4–5), 321–333.

Kumagai, M., K. Ishikawa and J. Chunmeng, 2003: Dynamics and biogeochemical significance of the physical environment in Lake Biwa. *Lakes Reserv. Res. Manage.*, **7**, 345-348.

Kumar, P.K., 2006: Potential vulnerability implications of sea level rise for the coastal zones of Cochin, southwest coast of India. *Environ. Monitor. Assess.*, **123**, 333–344.

Kundzewicz, Z.W., U. Ulbrich, T. Brücher, D. Graczyk, A. Krüger, G. Leckebusch, L. Menzel, I. Pińskwar, M. Radziejewski and M. Szwed, 2005: Summer floods in Central Europe climate change track? *Nat. Hazards*, **36**(1/2), 165–189.

Kundzewicz, Z.W., M. Radziejewski and I. Pińskwar, 2006: Precipitation extremes in the changing climate of Europe. *Clim. Res,* **31**, 51–58.

Kunkel, K.E. and Co-authors, 2003: Temporal variations of extreme precipitation events in the United States: 1895–2000. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 1900, doi:10.1029/2003GL018052.

Kupek, E., M.C. de Sousa Santos Faversani and J.M. de Souza Philippi, 2000: The relationship between rainfall and human leptospirosis in Florianópolis, Brazil, 1991–1996. *Braz. J. Infect. Dis.*, **4**, 131-134.

La Nación, 2002: Buenos Aires, 13 March.

Labat, D. and Co-authors, 2004: Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Adv. Water Resources*, **27**, 631–642.

Lal, M., 2002: *Global climate change: India's monsoon and its variability*, Final Report under "Country Studies Vulnerability and Adaptation" Work Assignment with Stratus Consulting's Contract of the U.S. Environmental Protection Agency, September 2002, 58 pp.

Lal, R., 2003: Offsetting global CO_2 emissions by restoration of degraded soils and intensification of world agriculture and forestry. *Land Degradation and Dev.*, **14**, 309–322.

Lal, R., 2004: Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science,* **304**, 1623-1627.

Lal, R., J.M. Kimble and R.F. Follett, 1999: Agricultural practices and policies for carbon sequestration in soil. *Recommendation and Conclusions of the International Symposium,* 19-23 July 1999, Columbus, OH, 12 pp.

Lama, J.R., C.R. Seas, R. León-Barúa, E. Gotuzzo and R.B. Sack, 2004: Environmental temperature, cholera, and acute diarrhoea in adults in Lima, Peru. *J. Health Popul. Nutr.*, **22**, 399–403.

Larsen, C.F., R.J. Motyka, J.T. Freymueller, K.A. Echelmeyer and E.R. Ivins, 2005: Rapid uplift of southern Alaska caused by recent ice loss. *Geophys. J. Int.*, **158**, 1118-1133.

Laternser, M. and M. Schneebeli, 2003: Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99). *Int. J. Climatol.*, **23**, 733–750.

Latif, M., 2001: Tropical Pacific/Atlantic Ocean interactions at multi-decadal time scales. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 539–542.

Le Maitre, D.C. and D.B. Versfeld, 1997: Forest evaporation models: relationships between stand growth and evaporation. *J. Hydrol.*, **193**, 240-257.

Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007: Historical overview of climate change science. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 93-128.

Lean, J., C.B. Buntoon, C.A. Nobre and P.R. Rowntree, 1996: The simulated impact of Amazonian deforestation on climate using measured ABRACOS vegetation characteristics. *Amazonian Deforestation and Climate,* J.H.C Gash, C.A. Nobre, J.M. Roberts and T.L. Victoria, Eds., John Wiley and Sons, Chicester, 549-576.

Leary, N., J. Adejuwon, W. Bailey, V. Barros, M. Caffera, S. Chinvanno, C. Conde, A. De Comarmond, A. De Sherbinin, T. Downing, H. Eakin, A. Nyong, M. Opondo, B. Osman, R. Payet, F. Pulhin, J. Pulhin, J. Ratnasiri, E. Sanjak, G. von Maltitz, M. Wehbe, Y. Yin and G. Ziervogel, 2006: For whom the bell tolls: vulnerabilities in a changing climate. *AIACC Working Paper No.* **30**, International START Secretariat, Washington, DC, 31 pp.

Leemans, R. and A. Kleidon, 2002: Regional and global assessment of the dimensions of desertification. *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* J.F. Reynold and D.S. Smith, Eds., Dahlem University Press, Berlin, 215-232.

Legates, D.R., H.F. Lins and G.J. McCabe, 2005: Comments on "Evidence for global runoff increase related to climate warming" by Labat et al. *Adv. Water Resour.*, **28**, 1310-1315.

Lehner, B., G. Czisch and S. Vassolo, 2005: The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis. *Energ. Policy*, **33**, 839–855.

Lehner, B., P. Döll, J. Alcamo, T. Henrichs and F. Kaspar, 2006: Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Climatic Change*, **75**, 273–299.

Leipprand, A. and D. Gerten, 2006: Global effects of doubled atmospheric CO_2 content on evapotranspiration, soil moisture and runoff under potential natural vegetation. *Hydrol. Sci. J.*, **51**, 171–185.

Lemmen, D. S. and F. J. Warren, Eds., 2004: *Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective*. Climate Change Impacts and Adaptation Directorate, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada, 201 pp, http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective_e.asp.

Lenderink, G., A. vanUlden, B. van den Hurk and E. van Meijgaard, 2007: Summertime inter-annual temperature variability in an ensemble of regional model simulations: analysis of the surface energy budget. *Climatic Change*, **81**, S233-S247.

Lewsey, C., Gonzalo, C. and Kruse, E., 2004: Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. *Marine Policy*, **28**, 393–409.

Li, C., S. Frolking and K. Butterbach-Bahl, 2005: Carbon sequestration in arable soils is likely to increase nitrous oxide emissions, offsetting reductions in climate radiative forcing. *Climatic Change,* **72**, 321-338.

Li, C.X., D.D. Fan, B. Deng and V. Korotaev, 2004: The coasts of China and issues of sea level rise. *J. Coast. Res.*, **43**, 36–47.

Liebig, M.A., J.A. Morgan, J.D. Reeder, B.H. Ellert, H.T. Gollany and G.E. Schuman, 2005: Greenhouse gas contributions and mitigation potential of agricultural practices in northwestern USA and western Canada. *Soil and Tillage Res.,* **83**, 25-52.

Lincoln Environmental, 2000: *Information on Water Allocation in New Zealand*. Report No. 4375/1, prepared for Ministry for the Environment by Lincoln Ventures Ltd, Canterbury, New Zealand. http://www.mfe.govt.nz/publications/water/water-allocation-apr00.pdf.

Lindstrom, G. and S. Bergstrom, 2004: Runoff trends in Sweden

1807–2002. *Hydrol. Sci. J.*, **49**(1), 69–83.

Liniger, H. and R. Weingartner, 1998: Mountains and freshwater supply. *Unasylva,* **195**(49), 39-46.

Lipp, E. and Co-authors, 2001: The effects of seasonal variability and weather on microbial faecal pollution and enteric pathogens in a subtropical estuary. *Estuaries*, **24**, 226–276.

Liu, B.H. and Co-authors, 2004: A spatial analysis of pan evaporation trends in China, 1955–2000. *J. Geophys. Res.*, **109**, D15102, doi:10.1029/2004JD004511.

Liu, C.Z., 2002: Suggestion on water resources in China corresponding with global climate change. *China Water Resources*, **2**, 36–37.

Liu, S.G., Li, C.X., Ding, J., Li, X.Z. and Ivanov, V.V., 2001: The rough balance of progradation and erosion of the Yellow River delta and its geological meaning. *Marine Geology and Quaternary Geology*, **21**(4), 13–17.

Liu, Y.B. and Y.N. Chen, 2006: Impact of population growth and land-use change on water resources and ecosystems of the arid Tarim River Basin in western China. *Int. J. Sust. Dev. World*, **13**, 295-305.

Llasat, M.C., 2001: An objective classification of rainfall intensity in the Northeast of Spain. *Int. J. Climatol.*, **21**, 1385–1400.

Lofgren, B., A. Clites, R. Assel, A. Eberhardt and C. Luukkonen, 2002: Evaluation of potential impacts on Great Lakes water resources based on climate scenarios of two GCMs. *J. Great Lakes Res.*, **28**(4), 537–554.

London Climate Change Partnership, 2004: *London's Warming*: *A Climate Change Impacts in London Evaluation Study*, London, 293 pp.

LOSLR (International Lake Ontario–St. Lawrence River Study Board), 2006: *Options for Managing Lake Ontario and St. Lawrence River Water Levels and Flows*. Final Report to the International Joint Commission. http://www.losl.org/reports/finalreport-e.html.

Luoto, M., R.K. Heikkinen and T.R. Carter, 2004: Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environ. Conserv.*, **31**, 30–37.

MacDonald, R., T. Harner, J. Fyfe, H. Loeng and T. Weingartner, 2003: Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within and from the Arctic. *ANAO Assessment 2002*. Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo, 65 pp.

Machado, P.L.O.A. and C.A. Silva, 2001: Soil management under notillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **61**, 119-130.

Madari, B., P.L.O.A. Machado, E. Torres, A.G. Andrade and L.I.O. Valencia, 2005: No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Fhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil and Tillage Research,* **80**, 185-200.

Magadza, C., 2000: Climate change impacts and human settlements in Africa: prospects for adaptation. *Environ. Monit. Assess.*, **61**(1), 193–205.

Magrin, G.O., M.I. Travasso and G.R. Rodríguez, 2005: Changes in climate and crops production during the 20th century in Argentina. *Climatic Change*, **72**, 229–249.

Manton, M.J., P.M. Della-Marta, M.R. Haylock, K.J. Hennessy, N. Nicholls, L.E. Chambers, D.A. Collins, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isobe, T.S. Kestin, P. Lefale, C.H. Leyu, T. Lwin, L.Maitrepierre, N. Ouprasitwong, C.M. Page, J. Pahalad, N. Plummer, M.J. Salinger, R. Suppiah, V.L. Tran, B. Trewin, I. Tibig and D. Lee, 2001: Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific; 1961–1998, *Int. J. Climatol.*, **21**, 269–284.

Manuel, J., 2006: In Katrina's wake. *Environ. Health Persp.*, **114**, A32-A39.

Marengo, J.A., 2004: Interdecadal variability and trends of rainfall variability in the Amazon basin. *Theor. Appl. Climatol.*, **78**, 79-96.

Mark, B.G. and G.O. Seltzer, 2003: Tropical glacier meltwater contribution to stream discharge: a case study in the Cordillera Blanca, Perú. *J. Glaciol.*, **49**, 271-281.

Marland, G., B.A. McCarl and U.A. Schneider, 2001: Soil carbon: policy and economics. *Climatic Change,* **51**, 101-117.

Marland, G., T.O. West, B. Schlamadinger and L. Canella, 2003: Managing soil organic carbon in agriculture: the net effect on greenhouse gas emissions. *Tellus*, **55B**, 613-621.

Martin, D., Belanger, D., Gosselin, P., Brazeau, J., Furgal, C. and Dery, S., 2005: *Climate change, Drinking Water, and Human Health in Nunavik: Adaptation Strategies*. Final Report submitted to the Canadian Climate Change Action Fund, Natural Resources Canada. CHUL Research Institute, Quebec, 111 pp.

Martin, E. and P. Etchevers, 2005: Impact of climatic change on snow cover and snow hydrology in the French Alps. *Global Change and Mountain Regions (A State of Knowledge Overview),* U.M. Huber, H. Bugmann, and M.A. Reasoner, Eds., Springer, New York, 235–242.

Mata, L.J, M. Campos, E. Basso, R. Compagnucci, P. Fearnside, G. Magri, J. Marengo, A.R. Moreno, A. Suaez, S. Solman, A. Villamizar and L. Villers, 2001: Latin America. *Climate Change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* J. J McCarthy, O. Canziani, N.Leary, D. Dokken and K.White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 691–734.

Maya, C., N. Beltran, B. Jiminez and P. Bonilla, 2003: Evaluation of the UV disinfection process in bacteria and amphizoic amoebeae inactivation. *Water Science and Technology*, **3**(4), 285–291.

Mazhitova, G., N. Karstkarel, N. Oberman, V. Romanovsky and P. Kuhty, 2004: Permafrost and infrastructure in the Usa Basin (Northern European Russia): possible impacts of global warming. *Ambio*, **3**, 289–294.

McBean, G. and Co-authors, 2005: Arctic Climate: past and present. *Arctic Climate Impacts Assessment (ACIA)*, C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 21–60.

McCabe, G.J., M. Palecki and J.L. Betancourt, 2004: Pacific and Atlantic Ocean influences on multi-decadal drought frequency in the United States. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**, 4136–4141.

McClelland, J.W., R.M. Holmes and B.J. Peterson, 2004: Increasing river discharge in the Eurasian Arctic: consideration of dams, permafrost thaw, and fires as potential agents of change. *J. Geophys. Res.-Atmos.*, **109,** D18102, doi:10.1029/2004JD004583.

McKerchar, A.I. and R.D. Henderson, 2003: Shifts in flood and low-flow regimes in New Zealand due to inter-decadal climate variations. *Hydrol. Sci. J.*, **48**(4), 637–654.

McMichael, A. and Co-authors, Eds., 2003: *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*. WHO, Geneva, 322 pp.

McPeak, J.G. and C.B. Barrett, 2001: Differential risk exposure and stochastic poverty traps among East African pastoralists. *Am. J. Agr. Econ.*, **83**, 674-679.

MDBC, 2006: *Basin Statistics*. Murray Darling Basin Commission. http://www.mdbc.gov.au/about/basin_statistics.

Meehl, G.A. and C. Tebaldi, 2004: More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*, **305**, 994–997.

Meher-Homji, V.M., 1992: Probable impact of deforestation on hydrological process. *Tropical Forests and Climate,* N. Myers, Ed., Springer, Berlin, 163-174.

Melbourne Water, 2006: Eastern Treatment plant: treating sewage from Melbourne's south-eastern and eastern suburbs. http://www.melbournewater.com.au/content/sewerage/eastern_treatment_plant/eastern_treatment_plant.asp?bhcp=1.

Melnikov B.V. and A. L. Revson, 2003: Remote sensing of northern regions of West Siberia. *Cryosphere of Earth*, **4**, 37–48 (in Russian).

Mendelsohn, R., M. Morrison, M. Schlesinger and N. Andronova,

2000a: Country-specific market impacts from climate change, *Climatic Change,* **45**, 553–569.

Mendelsohn, R., A. Dinar and A. Dalfelt, 2000b: *Climate change impacts on African agriculture*. Paper prepared for the World Bank, Washington, DC, 25 pp

Menzel, A., G. Jakobi, R. Ahas, H. Scheifinger and N. Estrella, 2003: Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *Int. J. Climatol.*, **23**, 793-812.

Menzel, L. and G. Bürger,, 2002: Climate change scenarios and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany). *J. Hydrol.*, **267**(1–2), 53–64.

Mercier, F., A. Cazenave and C. Maheu, 2002: Interannual lake level fluctuations (1993–1999) in Africa from Topex/Poseidon: connections with ocean-atmosphere interactions over the Indian Ocean, *Global Planet. Change*, **32**, 141–163.

Metz, B., O. Davidson, H. de Coninck, M. Loos and L. Meyer, Eds., 2005: *Carbon Dioxide Capture and Storage*. Cambridge University Press, Cambridge, 431 pp.

Middelkoop, H. and J.C.J. Kwadijk, 2001: Towards an integrated assessment of the implications of global change for water management: the Rhine experience. *Phys Chem Earth, Part B Hydrology, Oceans and Atmosphere*, **26**(7–8), 553–560.

Middelkoop, H., K. Daamen, D. Gellens, W. Grabs, J.C.J. Kwadijk, H. Lang, B.W.A.H. Parmet, B. Schädler, J. Schulla and K. Wilke, 2001: Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change*, **49**, 105–128.

Miettinen, I., O. Zacheus, C. von Bonsdorff and T. Vartiainen, 2001: Waterborne epidemics in Finland in 1998–1999. *Water Sci. Technol.*, **43**, 67–71.

Miles, E.L., A.K. Snover, A. Hamlet, B. Callahan and D. Fluharty, 2000: Pacific Northwest Regional Assessment: the impacts of climate variability and climate change on the water resources of the Columbia River Basin. *J. Amer. Water Resour. Assoc.*, **36**, 399-420.

Mileti, D., 1999: *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. National Academy Press, Washington, DC, 376 pp.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005a: *Ecosystems and Human Well-being: Volume 2 – Scenarios*. Island Press, Washington, DC, 515 pp.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005b: *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 155 pp.

Miller, K.A. and D. Yates, 2006: *Climate Change and Water Resources: A Primer for Municipal Water Providers*. AWWA Research Foundation, Denver, CO, 83 pp.

Miller, K.A., S.L. Rhodes and L.J.MacDonnell, 1997: Water allocation in a changing climate: institutions and adaptation. *Climatic Change*, **35**, 157–177.

Miller, M.G. and A. Veltman, 2004: Proposed Canterbury Natural Resources Plan for river and groundwater allocation policies and the implications for irrigation dependent farming in Canterbury. *Proc. New Zealand Grassland Association*, **66**, 11–23.

Mills, E., 2005: Insurance in a climate of change. *Science*, **309**, 1040–1044.

Mills, E. and E. Lecomte, 2006: *From Risk to Opportunity: How Insurers Can Proactively and Profitably Manage Climate Change*. Ceres, Boston, MA, 42 pp.

Mills, P.F., 1994: The agricultural potential of northwestern Canada and Alaska and the impact of climatic change. *Arctic*, **47**(2), 115–123.

Milly, P.C.D., R.T. Wetherald, K.A. Dunne and T.L. Delworth, 2002: Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, **415**, 514–517.

Milly, P.C.D., K.A. Dunne and A.V. Vecchia, 2005: Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, **438**(7066), 347–350.

Mimikou, M., E. Blatas, E. Varanaou and K. Pantazis, 2000: Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *J. Hydrol.*, **234**, 95-109.

Min, S.K., W.T. Kwon, E.H. Park and Y. Choi, 2003: Spatial and temporal comparisons of droughts over Korea with East Asia. *Int. J. Climatol.*, **23**, 223–233.

Ministry for the Environment, 2004: *Climate Effects and Impacts Assessment: a Guidance Manual for Local Government in New Zealand*. Prepared by David Wratt, Brett Mullan and Jim Salinger (NIWA), Sylvia Allen and Tania Morgan (MWH New Zealand Ltd.) and Gavun Kenny (Earthwise Consulting). Ministry for the Environment Report ME 513, Wellington, 153 pp.

Mirza, M.M.Q., 2002: Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications. *Global Environ. Chang.*, **12**, 127–138.

Mirza, M.M.Q., 2003: Three recent extreme floods in Bangladesh: a hydro-meteorological analysis. *Nat. Hazards*, **28**, 35–64.

Mirza, M.M.Q., 2004: *Climate Change and the Canadian Energy Sector: Report on Vulnerability and Adaptation*. Adaptation and Impacts Research Group, Atmospheric Climate Science Directorate, Meteorological Service of Canada Downsview, Ontario, 52 pp.

Mirza, M.M.Q., R.A. Warrick and N.J. Ericksen, 2003: The implications of climate change on floods of the Ganges, Brahmaputra and Meghna Rivers in Bangladesh. *Climatic Change*, **57**, 287–318.

Mitchell, T.D. and P.D. Jones, 2005: An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *Int. J. Climatol.*, **25**, 693–712.

Mitchell, W., J. Chittleborough, B. Ronai and G.W. Lennon, 2001: Sea level rise in Australia and the Pacific. *Proc. Science Component. Linking Science and Policy.* Pacific Islands Conference on Climate Change, Climate Variability and Sea Level Rise. 3-7 April 2000, Rarotonga, Cook Islands, National Tidal Facility, The Flinders University of South Australia, Adelaide, 47–58.

Moench, M., A. Dixit, S. Janakarajan, M.S. Rathore and S. Mudrakartha, 2003: *The Fluid Mosaic: Water Governance in the Context of Variability, Uncertainty and Change – A Synthesis Paper*. Nepal Water Conservation Foundation, Kathmandu, 71 pp.

Mohseni, O., H.G. Stefan and J.G. Eaton, 2003: Global warming and potential changes in fish habitat in U.S. streams. *Climatic Change*, **59**, 389-409.

Mölg, T., D.R. Hardy, N. Cullen and G. Kaser, 2005: Tropical glaciers in the context of climate change and society: focus on Kilimanjaro (East Africa). *Contribution to Mountain Glaciers and Society Workshop*. California University Press, Wengen, 28 pp.

Monson, R.K., D.L. Lipson, S.P. Burns, A.A. Turnipseed, A.C. Delany, M.W. Williams and S.K. Schmidt, 2006: Winter forest soil respiration controlled by climate and microbial community composition. *Nature*, **439**(7077), 711–714.

Monteny, G.-J., A. Bannink and D. Chadwick, 2006: Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agri. Ecosys. Environ.,* **112**, 163-170.

Mool, P.K., D. Wangda and S.R. Bajracharya, 2001: *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Glacial Lake Outburst Floods: Monitoring and Early Warning Systems in the Hindu Kush-Himalayan Region: Bhutan*. ICIMOD, Kathmandu, 227 pp.

Moonen, A.C., L. Ercoli, M. Mariotti and A. Masoni, 2002: Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agr. Forest Meteorol.*, **111**, 13-27.

Mooney, H., A. Cropper and W. Reid, 2005: Confronting the human dilemma. *Nature*, **434**, 561-562.

Moore, M.V., M.L. Pace, J.R. Mather, P.S. Murdoch, R.W. Howarth, C.L. Folt, C.Y. Chen, H.F. Hemond, P.A. Flebbe and C.T. Driscoll,

1997: Potential effects of climate change on freshwater ecosystems of the New England/Mid-Atlantic region. *Hydrol. Process.*, **11**, 925–947.

Morris, J.D. and L.A.J. Thomson, 1983: The role of trees in dryland salinity control. *Proc. Roy. Soc. Victoria*, **95**, 123-131.

Morton, J., 2006: Pastoralist coping strategies and emergency livestock market intervention. *Livestock Marketing in Eastern Africa: Research and Policy Challenges,* J.G. McPeak and P.D. Little, Eds., ITDG Publications, Rugby, 227-246.

Mosier, A.R., A.D. Halvorson, G.A. Peterson, G.P. Robertson and L. Sherrod, 2005: Measurement of net global warming potential in three agroecosystems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* **72**, 67-76.

Moss, B., D. Mckee, D. Atkinson, S.E. Collings, J.W. Eaton, A.B. Gill, I. Harvey, K. Hatton, T. Heyes and D. Wilson, 2003: How important is climate? Effects of warming, nutrient addition and fish on phytoplankton in shallow lake microcosms. *J. Appl. Ecol.*, **40**, 782–792.

Mote, P., A.F. Hamlet, M.P. Clark and D.P. Lettenmaier, 2005: Declining mountain snowpack in western North America. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **86**, doi: 10.1175/BAMS-1186-1171-1139.

Mote, P.W., D.J. Canning, D.L. Fluharty, R.C. Francis, J.F. Franklin, A.F. Hamlet, M. Hershman, M. Holmberg, K.N. Gray-Ideker, W.S. Keeton, D.P. Lettenmaier, L.R. Leung, N.J. Mantua, E.L. Miles, B. Noble, H. Parandvash, D.W. Peterson, A.K. Snover and S.R. Willard, 1999: *Impacts of Climate Variability and Change, Pacific Northwest*, 110 pp. http://www.usgcrp.gov/usgcrp/Library/nationalassessment/pnw.pdf.

Mote, P.W., E.A. Parson, A.F. Hamlet, W.S. Keeton, D. Lettenmaier, N. Mantua, E.L. Miles, D.W. Peterson, D.L. Peterson, R. Slaughter and A.K. Snover, 2003: Preparing for climatic change: the water, salmon, and forests of the Pacific Northwest. *Climatic Change*, **61**, 45-88.

Moulton, R. and D. Cuthbert, 2000: Cumulative impacts/risk assessment of water removal or loss from the Great Lakes–St. Lawrence River system. *Can. Water Resour. J.*, **25**, 181-208.

Mountain Agenda, 1997: *Mountains of the World: Challenges of the 21st Century*. Mountain Agenda, Bern, 36 pp.

MRAE (Ministry of Rural Affairs and the Environment, Malta), 2004: *The First Communication of Malta to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Ministry for Rural Affairs and the Environment, Malta.

MRC, 2003: *State of the Basin Report: 2003*. Mekong River Commission, Phnom Penh, 300 pp.

Mueller, D.R., W.F. Vincent and M.O. Jeffries, 2003: Break-up of the largest Arctic ice shelf and associated loss of an epishelf lake. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 2031, doi:10.1029/2003GL017931.

Mullan, A.B., A. Porteous, D. Wratt and M. Hollis, 2005: *Changes in Drought Risk with Climate Change*. NIWA Report WLG2005. http://www.mfe.govt.nz/publications/climate/drought-risk-may05/drought-risk-climate-change-may05.pdf.

Munich Re, 2004: *Annual Review of Natural Catastrophes 2003*. Munich, 8 pp. http://www.munichre.com/app_resources/pdf/ts/geo_risks/topicsgeo_2003_siebert_en.pdf.

MWD, 2005: *The Family of Southern California Water Agencies. Metropolitan Water District of Southern California*. http://www.bewaterwise.com/index.html.

Myers, N., 1997: The world's forests and their ecosystem services. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. G.C. Daily, Ed., Island Press, Washington, DC, 215-235.

Naess, L.O., G. Bang, S. Eriksen and J. Vevatne, 2005: Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environ. Chang.*, **15**, 125–138.

Nagy, G.J., R.M. Caffera, M. Aparicio, P. Barrenechea, M. Bidegain, J.C. Jiménez, E. Lentini, G. Magrin and Co-authors, 2006: *Understanding the Potential Impact of Climate Change and Variability in Latin America and the Caribbean*. Report prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change, 34 pp. http://www.sternreview.org.uk.

Nakićenović, N. and R. Swart, Eds., 2000: *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, 599 pp.

Namjou, P. and Co-authors, 2006: The integrated catchment study of Auckland City (New Zealand): long-term groundwater behaviour and assessment. *Proc. World Environmental and Water Resources Congress 2006,* R. Graham, Ed., May 21-25, 2006, Omaha, Nebraska, doi:10.1061/40856(200)311.

NAST, 2000: *Climate Change Impacts in the United States, Overview*. Report for the U.S. Global Change Research Program. National Assessment Synthesis Team Members (NAST), 154 pp.

Natsagdorj, L., P. Gomboluudev and P. Batima, 2005: Climate change in Mongolia. *Climate Change and its Projections*, P. Batima and B.Myagmarjav, Eds., Admon Publishing, Ulaanbaatar, 39–84.

NC-Colombia, 2001: *1st National Communication to the UNFCCC*, 267 pp. http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php.

NC-Ecuador, 2000: *1st National Communication to the UNFCCC*, 128 pp. http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php.

NC-Nicaragua, 2001: *Impacto del Cambio Climático en Nicaragua*. Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, PNUD/MARENA, 127 pp.

NC-Perú, 2001: *1st National Communication to the UNFCCC*, 155 pp. http://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc1.pdf.

Nchito, M., P. Kelly, S. Sianongo, N.P. Luo, R. Feldman, M. Farthing and K.S. Baboo, 1998: *Cryptosporidiosis* in urban Zambian children: an analysis of risk factors. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **59**, 435–437.

Ndikumana, J., J. Stuth, R. Kamidi, S. Ossiya, R. Marambii and P. Hamlett, 2000: *Coping Mechanisms and their Efficacy in Disaster-prone Pastoral Systems of the Greater Horn of Africa: Effects of the 1995-97 Drought and the 1997-98 El Niño Rains and the Responses of Pastoralists and Livestock*. ILRI Project Report. A-AARNET (ASARECA-Animal Agriculture Research Network), Nairobi, Kenya, GL-CRSP LEWS (Global Livestock- Collaboratve Research Support Program Livestock Early Warning System), College Station, Texas, USA, and ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, 124 pp.

NEAB (National Environment Advisory Board, St Vincent and the Grenadines), 2000: *Initial National Communication on Climate Change*, National Environment Advisory Board and Ministry of Health and the Environment, 74 pp.

Nearing, M.A., F.F. Pruski and M.R. O'Neal, 2004: Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review. *J. Soil Water Conserv.*, **59**, 43-50.

NEB, 2006: *Canada's Oil Sands: Opportunities and Challenges to 2015: An Update*. National Energy Board, Calgary, Alberta, 85 pp.

Neff, R., H. Chang, C. Knight, R. Najjar, B. Yarnal and H. Walker, 2000: Impact of climate variation and change on Mid-Atlantic Region hydrology and water resources. *Climate Res.*, **14**, 207-218.

Nelson, F.E., 2003: (Un)frozen in time. *Science*, **299**, 1673–1675.

New, M., 2002: Climate change and water resources in the southwestern Cape, South Africa. *S. Afri. J. Sci.*, **96**, 369–373.

Nicholls, K.H., 1999: Effects of temperature and other factors on summer phosphorus in the inner Bay of Quinte, Lake Ontario: implications for climate warming. *J. Great Lakes Res.*, **25**(5), 250–262.

Nicholson, S., 2005: On the question of the "recovery" of the rains in

the West African Sahel. *J. Arid Environ*., **63**, 615–641.

Nicholson, S.E. and J.C. Selato, 2000: The influence of La Niña on African rainfall. *Int. J. Climatol.,* **20**, 1761–1776.

Nicholson, S.E., B. Some and B. Kone, 2000: An analysis of recent rainfall conditions in West Africa, including the rainy seasons of the 1997 El Niño and the 1998 La Niña years. *J. Clim*., **13**, 2628–2640.

Nilsson, C., C.A. Reidy, M. Dynesius and C. Revenga, 2005: Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, **308**, 405–408.

NLWRA, 2001: *Australian Water Resources Assessment 2000*. National Land and Water Resources Audit, Land and Water Australia.

NOAA, 2005: *Hazards/Climate Extremes*. National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce, http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2005/aug/hazards.html.Flooding.

Noone, D. and I. Simmonds, 2002: Annular variations in moisture transport mechanisms and the abundance of $\delta^{18}O$ in Antarctic snow. *J. Geophys. Res*., **107**, 4742, doi:10.1029/2002JD002262.

Norrant, C. and A. Douguédroit, 2006: Monthly and daily precipitation trends in the Mediterranean. *Theor. Appl. Climatol*., **83**, 89–106.

Nurse, L. and Co-authors, 2001: Small Island States. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* J.J. McCarthy, O. F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 843–876.

Nuttall, M., F. Berkes, B. Forbes, G. Kofinas, T. Vlassova and G. Wenzel, 2005: Hunting, herding, fishing and gathering: indigenous peoples and renewable resource use in the Arctic. *Arctic Climate Impacts Assessment, ACIA*, C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 649–690.

O'Reilly, C., S. Alin, P. Plisnier, A. Cohen and B. McKee, 2003: Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. *Nature*, **424**, 766-768.

Oba, G., 2001: The importance of pastoralists' indigenous coping strategies for planning drought management in the arid zone of Kenya. *Nomadic Peoples*, **5**, 89-119.

OECD, 2003: *Development and climate change in Nepal: focus on water resources and hydropower*. COM/ENV/EPOC/DCD/DAC(2003)1/FINAL, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 64 pp.

Oenema, O., N. Wrage, G.L. Velthof, J.W. van Groenigen, J. Dolfing and P.J. Kuikman, 2005: Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* **72**, 51-65.

Ogle, S.M., F.J. Breidt and K. Paustian, 2005: Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochem.,* **72,** 87-121.

Oki, T. and S. Kanae, 2006: Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, **313**, 1068–1072.

Oki, T., Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi and K. Musiake, 2003: Global water resources assessment under climatic change in 2050 using TRIP. *Water Resources: Systems Water Availability and Global Change,* S.W. Franks, G. Böschl, M. Kumagai, K. Musiake and D. Rosbjerg, Eds., IAHS Publication, 124–133.

Olesen, J.E. and M. Bindi, 2002: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European J. Agronomy*, **16**, 239–262.

Olesen, J.E., T.R. Carter, C.H. Díaz-Ambrona, S. Fronzek, T. Heidmann, T. Hickler, T. Holt, M.I. Minguez, P. Morales, J. Palutikov, M. Quemada, M. Ruiz-Ramos, G. Rubæk, F. Sau, B. Smith, B. and M. Sykes, 2006: Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and terrestrial ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climatic Change*, **81**(Suppl. 1), doi: 10.1007/s10584-006-9216-1.

Olsen, J.R., 2006: Climate change and floodplain management in the United States, *Climatic Change*, **76**, 407–426.

Oltchev, A., J. Cermak, J. Gurtz, A. Tishenko, G. Kiely, N. Nadezhdina, M. Zappa, N. Lebedeva, T. Vitvar, J.D. Albertson, F. Tatarinov, D. Tishenko, V. Nadezhdin, B. Kozlov, A. Ibrom, N. Vygodskaya and G. Gravenhorst 2002: The response of the water fluxes of the boreal forest region at the Volga source area to climatic and land-use changes. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, **27**, 675–690.

Opopol, N., R. Corobov, A. Nicolenco and V. Pantya, 2003: Climate change and potential impacts of its extreme manifestations on health. *Curier Medical,* **5**, 6-9.

Orlove, B.S., J.C.H. Chiang and M.A. Cane, 2000: Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility. *Nature*, **403**, 68-71.

Osman-Elasha, B., N. Goutbi, E. Spanger-Siegfried, B. Dougherty, A. Hanafi, S. Zakieldeen, A. Sanjak, H.A. Atti and H.M. Elhassan, 2006: *Adaptation Strategies to Increase Human Resilience Against Climate Variability and Change: Lessons from the Arid Regions of Sudan*. AIACC Working Paper No. 42, Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change in Multiple Regions and Sectors Programme, 42 pp.

Osterkamp, T.E., L. Vierek, Y. Shur, M.T. Jorgenson, C. Racine, A. Doyle and R.D. Boone, 2000: Observations of thermokarst and its impact on boreal forests in Alaska, U.S.A. *Arct. Antarct. Alp. Res*., **32**, 303–315.

Ouranos, 2004: *Adapting to Climate Change*. Ouranos, Montreal, ON, 91 pp. http://www.ouranos.ca/cc/climang5.pdf.

Paavola, J. and W. Adger, 2002: *Justice and Adaptation to Climate Change*. Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, 24 pp. http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp23.pdf.

Pabón, J.D., 2003: El cambio climático global y su manifestación en Colombia. *Cuadernos Geograf*., **12**, 111-119.

Pachauri, R., 2004: Climate change and its implications for development: the role of IPCC assessments. *Inst. Devel. Stud. Bull*., **35**, 11.

PAGASA (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration), 2001: *Documentation and Analysis of Impacts of and Responses to Extreme Climate Events*. Climatology and Agrometeorology Branch Technical Paper No. 2001-2, 55 pp.

PAHO, 2003: *Status Report on Malaria Programs in the Americas*. 44th Directing Council, 55th Session of the Regional Comité. Pan American Health Organization, Washington, DC.

Palmer, T.N. and J. Räisänen, 2002: Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, **415**, 512–514.

Pan, X.L., W. Deng and D.Y. Zhang, 2003: Classification of hydrological landscapes of typical wetlands in northeast China and their vulnerability to climate change. *Res. Environ. Sci*., **16**(1), 14–18.

Pan, Z.T.,M. Segal, R.W.Arritt and E.S. Takle, 2004: On the potential change in solar radiation over the US due to increases of atmospheric greenhouse gases. *Renew. Energ*., **29**, 1923-1928.

Parkinson, A.J. and J.C. Butler, 2005: Potential impacts of climate change on infectious diseases in the Arctic. *Int. J. Circumpolar Health*, **64**, 478–486.

Parrotta, J.A., 2002: Restoration and management of degraded tropical forest landscapes. *Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology,* R.S. Ambasht and N.K. Ambasht, Eds., Kluwer Academic/Plenum Press, New York, 135-148.

Parry, M., C.A. Rosenzweig, M. Iglesias, M. Livermore and G. Fisher, 2004: Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socioeconomic scenarios. *Global Environ. Chang.,* **14**(1), 53–67.

Parry, M.L., Ed., 2000: *Assessment of potential effects and adaptations to climate change in Europe: The Europe Acacia Project*. Report of concerted action of the environment programme of the Research Directorate General of the Commission of the European Communities, Jackson Environmental Institute, University of East Anglia, Norwich, 320 pp.

Parson, E.A., P.W. Mote, A. Hamlet, N. Mantua, A. Snover, W. Keeton, E. Miles, D. Canning and K.G. Ideker, 2001: Potential consequences of climate variability and change for the Pacific Northwest. *Climate Change Impacts on the United States - The Potential Consequences of Climate Variability and Change-Foundation Report*, National Assessment Synthesis Team, Ed., Cambridge University Press, Cambridge, 247-280.

Parson, E.A., R.W. Corell, E.J. Barron, V. Burkett, A. Janetos, L. Joyce, T.R. Karl, M. MacCracken, J. Melillo, M.G. Morgan, D.S. Schimel and T. Wilbanks, 2003: Understanding climatic impacts, vulnerabilities and adaptation in the United States: building a capacity for assessment. *Climatic Change*, **57**, 9-42.

Pascual, M., J.A. Ahumada, L.F. Chaves, X. Rodo and M. Bouma, 2006: Malaria resurgence in the East African highlands: temperature trends revisited. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 5829-5834.

Pattanayak, S. and R. Kramer, 2000: Worth of watersheds: a producer surplus approach for valuing drought control in eastern Indonesia. *Environment and Development Economics,* **6**, 123-146.

Patz, J.A., 2002: A human disease indicator for the effects of recent global climate change. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **99**, 12506-12508.

Patz, J.A., D. Campbell-Lendrum, T. Holloway and J.A.N. Foley, 2005: Impact of regional climate change on human health. *Nature*, **438**, 310-317.

Paustian, K., B.A. Babcock, J. Hatfield, R. Lal, B.A. McCarl, S. McLaughlin, A. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, N.J. Rosenberg, C. Rosenzweig, W.H. Schlesinger and D. Zilberman, 2004: *Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy Options*. CAST (Council on Agricultural Science and Technology) Report, R141 2004, Ames, Iowa, 120 pp.

Payne, J.T., A.W. Wood, A.F. Hamlet, R.N. Palmer and D.P. Lettenmaier, 2004: Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River basin. *Climatic Change*, **62**(1–3), 233–256.

Penalba, O.C. and W.M. Vargas, 2004: Interdecadal and interannual variations of annual and extreme precipitation over central-northeastern Argentina. *Int. J. Climatol.*, **24**, 1565-1580.

Peters, D.L., T.D. Prowse, A. Pietroniro and R. Leconte, 2006: Establishing the flood hydrology of the Peace–Athabasca Delta, northern Canada. *Hydrol. Process.*, **20**, 4073-4096.

Petersen, T.C., M.A. Taylor, R. Demeritte, D.L. Duncombe, S. Burton, F. Thompson, A. Porter, M. Mercedes, E. Villegas, R. Semexant Fils, A. Klein Tank, A. Martis, R. Warner, A. Joyette, W. Mills, L. Alexander and B. Gleason, 2002: Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. *J. Geophys. Res.*, **107 D21**, 4601, doi:10.1029/2002JD002251.

Peterson, A.T. and J. Shaw, 2003: *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. *Int. J. Parasitol.*, **33**, 919-931.

Peterson, A.T., C. Martínez-Campos, Y. Nakazawa and E. Martínez-Meyer, 2005: Time-specific ecological niche modeling predicts spatial dynamics of vector insects and human dengue cases. *T. Roy. Soc. Trop. Med. H.*, **99**, 647-655.

Peterson, B.J., R.M. Holmes, J.W. McClelland, C.J. Vorosmarty, R.B. Lammers, A.I. Shiklomanov, I.A. Shiklomanov and S. Rahmstorf, 2002: Increasing river discharge to the Arctic Ocean. *Science*, **298**, 2172–2173.

Peterson, T.C. and R.S. Vose, 1997: An overview of the Global Historical Climatology Network temperature database. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **78**, 2837–2848.

Peterson, T.C., V.S. Golubev and P.Y. Groisman, 1995: Evaporation losing its strength. *Nature*, **377**, 687–688.

Petheram, C., G. Walker, R. Grayson, T. Thierfelder and L. Zhang, 2001: Towards a framework for predicting impacts of land-use on recharge. *Aust. J. Soil Res.*, **40**, 397-417.

Pielke, R.A., Jr and M.W. Downton, 2000: Precipitation and damaging floods: trends in the United States, 1932–97. *J. Climate*, **13**, 3625-3637.

Pienitz, R., M.S.V. Douglas and J.P. Smol, 2004: *Long-term Environmental Change in Arctic and Antarctic Lakes*. Springer Verlag, Berlin, 562 pp.

Pilon-Smits, E.A.H., M.J. Ebskamp, M. Ebskamp, M. Paul, M. Jeuken, P. Weisbeek and S. Smeekens, 1995: Improved performance of transgenic fructan-accumulating tobacco under drought stress. *Plant Physiol.*, **107**, 125-130.

Pittock, B., 2003: *Climate Change: An Australian Guide to the Science and Potential Impacts*. Australian Greenhouse Office, Canberra, 239 pp.

Polemio, M. and D. Casarano, 2004: *Rainfall and Drought in Southern Italy (1821–2001)*. UNESCO/IAHS/IWHA, Pub. 286.

Polsky, C. and W.E. Easterling, 2001: Adaptation to climate variability and change in the US Great Plains: a multi-scale analysis of Ricardian climate sensitivities. *Agr. Ecosyst. Environ.*, **85**, 133-144.

Porter, J.R. and M.A. Semenov, 2005: Crop responses to climatic variation. *Philos. Trans. R. Soc. B: Biological Sciences*, **360**, 2021–2035.

Pounds, J.A. and R. Puschendorf, 2004: Ecology: clouded futures. *Nature*, **427**, 107–109.

Pounds, J. A., M. R. Bustamante, L.A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S.R. Ron, G.A. Sanchez-Azofeifa, C.J. Still and B. E. Young, 2006: Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, **439**(7073), 161–167.

Premier of Victoria, 2006: Ballarat's future water supplies secured by major Bracks government action plan. Media release, 17 October 2006. http://www.premier.vic.gov.au/newsroom/news_item.asp?id=978.

Protopapas, L., S. Katchamart and A. Platonova, 2000: Weather effects on daily water use in New York City. *J. Hydrol. Eng.*, **5**, 332–338.

Prowse, T.D. and S. Beltaos, 2002: Climatic control of river-ice hydrology: a review. *Hydrol. Process.*, **16**, 805-822.

Prowse, T.D., F.J. Wrona and G. Power, 2004: *Threats to Water Availability in Canada*. Environment Canada, NWRI Scientific Assessment Report No. 3, 9–18.

Prowse, T.D. and Co-authors, 2006: Historical changes in Arctic freshwater ecosystems. *Ambio*, **35**(7), 339–346.

Prudhomme, C. and H. Davies, 2006: Comparison of different sources of uncertainty in climate change impact studies in Great Britain. Hydrological Processes: Special Issue of International Workshop "Climatic and Anthropogenic Impacts on Water Resources Variability". *Technical Document in Hydrology No*. **80** / *Document technique en hydrologie No*. **80**, UNESCO, Paris / UMR 5569, HydroSciences Montpellier, 2007, 183-190. http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001502/150251M.pdf.

Prudhomme, C., D. Jakob and C. Svensson, 2003: Uncertainty and climate change impact on the flood regime of small UK catchments. *J. Hydrol.*, **277**, 1–23.

Psenner, R. and R. Schmidt, 1992: Climate-driven pH control of remote Alpine lakes and effects of acid deposition. *Nature*, **356**, 781-783.

Pulwarty, R., K. Jacobs and R. Dole, 2005: The hardest working river: drought and critical water problems on the Colorado. *Drought and Water Crises: Science, Technology and Management,* D. Wilhite Ed., Taylor and Francis Press, Boca Raton, FL, 249-285.

Pulwarty, R.S. and T.S. Melis, 2001: Climate extremes and adaptive management on the Colorado River: lessons from the 1997–1998 ENSO event. *J. Environ. Manage.*, **63**, 307-324.

Qian, T. and Co-authors, 2006a: Simulation of global land surface conditions from 1948–2004. Part I: Forcing data and evaluations. *J. Hydrometeorol.*, **7**, 953–975.

Qian, Y. and Co-authors, 2006b: More frequent cloud-free sky and less surface solar radiation in China from 1955 to 2000. *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L01812, doi:10.1029/2005GL024586.

Qin, D.H., 2002: *Assessment of Environment Change in Western China*, *2nd Volume, Prediction of Environment Change in Western China*. Science Press, Beijing, 64, 73, 115, 132, 145-154, 160-161.

Quadrelli, R. and J.M. Wallace, 2004: A simplified linear framework for interpreting patterns of Northern Hemisphere wintertime climate variability. *J. Climate*, **17**, 3728–3744.

Quayle, W.C., L.S. Peck, H. Pet, J.C. Ellis-Evans and P.R. Harrigan, 2002: Extreme responses to climate change in Antarctic lakes. *Science*, **295**(5555), 645–645.

Quayle, W.C., P. Convey, L.S. Peck, J.C. Ellis-Evans, H.G. Butler and H.J. Peat, 2003: Ecological responses of maritime Antarctic lakes to regional climate change. *Antarctic Peninsula Climate Variability: Historical and Palaeoenvironmental Perspectives*. E. Domack, A. Leventer, A. Burnett, R. Bindschadler, P. Convey and M. Kirby, Eds., American Geophysical Union, Washington, DC, 159–170.

Queensland Government, 2005: *Queensland Water Plan 2005-2010*. Queensland Government, 27 pp. http://www.nrw.qld.gov.au/water/pdf/qld_water_plan_05_10.pdf.

Ragab, R. and C. Prudhomme, 2002: Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions: prospective and challenges for the 21st century. *Biosys. Engineering*, **81**, 3–34.

Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstieg, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelson, P. and Willén, U., 2004: European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Clim. Dyn.*, **22**, 13–31.

Ramírez, E., B. Francou, P. Ribstein, M. Descloitres, R. Guérin, J. Mendoza, R.Gallaire, B. Pouyaud and E. Jordan, 2001: Small glaciers disappearing in the tropicalAndes: a case study in Bolivia: the Chacaltaya glacier, 16°S. *J. Glaciol.*, **47**, 187–194.

Rawlins, S. C., A. Chen, M. Ivey, D. Amarakoon and K. Polson, 2005: The impact of climate change/variability events on the occurrence of dengue fever in parts of the Caribbean: a retrospective study for the period 1980-2002. *West Indian Med. J. Suppl.*, **53**(2), 54.

Reay, D.S., K.A. Smith and A.C. Edwards, 2003: Nitrous oxide emission from agricultural drainage waters. *Global Chang. Biol.*, **9**, 195-203.

Reilly, J. and Co-authors, 2003: U.S. agriculture and climate change: new results. *Climatic Change*, **57**, 43–69.

Reilly, J.M., Ed., 2002: *Agriculture: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 136 pp.

Reist, J.D. and Co-authors, 2006a: General effects of climate change on arctic fishes and fish populations. *Ambio*, **35**(7), 370–380.

Reist, J.D. and Co-authors, 2006b: An overview of effects of climate change on selected arctic freshwater and anadromous fishes. *Ambio,* **35**(7), 381–387.

Reist, J.D. and Co-authors, 2006c: Effects of climate change and UV radiation on fisheries for arctic freshwater and anadromous species. *Ambio*, **35**(7), 402–410.

Republic of Vanuatu, 1999: *Vanuatu National Communication to the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, 55 pp.

Resck, D.V.S., C.A. Vasconcellos, L. Vilela and M.C.M Macedo, 2000: Impact of conversion of Brazilian cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. *Global Climate Change and Tropical Ecosystems,* R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart, Eds., CRC-Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 169-195.

Reynard, N., S. Crooks, R. Wilby and A. Kay, 2004: Climate Change and Flood Frequency in the UK. *Proc. 39th DEFRA Flood and Coastal Management Conference*, York. Defra, London, 11.1.1-11.1.12.

Richardson, D., 2002: Flood risk: the impact of climate change. *Proc. Inst. Civil Engineers-Civil Engineering*, **150**, 22–24.

Riebsame, W.E., K.M. Strzepek, J.L. Wescoat, Jr, R. Perrit, G.L. Graile, J. Jacobs, R. Leichenko, C. Magadza, H. Phien, B.J. Urbiztondo, P. Restrepo, W.R. Rose, M. Saleh, L.H. Ti, C. Tucci and D. Yates, 1995: Complex river basins. *As Climate Changes: International Impacts and Implications,* K.M. Strzepek and J.B. Smith, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 57–91.

Rivera, A., G. Casassa, R. Thomas, E. Rignot, R. Zamora, D. Antúnez, C. Acuña and F. Ordenes, 2005: Glacier wastage on Southern Adelaide Island and its impact on snow runway operations. *Ann. Glaciol.*, **41**, 57-62.

Robeson, S.M., 2002: Increasing growing-season length in Illinois during the 20th century. *Climatic Change*, **52**, 219-238.

Robock, A. and Co-authors, 2000: The global soil moisture data bank. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 1281–1299.

Robock, A. and Co-authors, 2005: Forty five years of observed soil moisture in Ukraine: no summer desiccation (yet). *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L03401, doi:10.0129/2004GL021914.

Rockstrom, J., 2003: Water for food and nature in drought-prone tropics: vapour shift in rain-fed agriculture. *Philos. Trans. Roy. Soc. London - Series B*, **358**, 1997–2009.

Roderick, M.L. and G.D. Farquhar, 2004: Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. *Int. J. Climatol.*, **24**, 1077-1090.

Roderick, M.L. and G.D. Farquhar, 2005: Changes in New Zealand pan evaporation since the 1970s. *Int. J. Climatol.*, **25**, 2031-2039.

Rogora, M., R. Mosello and S. Arisci, 2003: The effect of climate warming on the hydrochemistry of Alpine lakes. *Water Air Soil Pollut.*, **148**, 347-361.

Ronchail, J., L. Bourrel, G. Cochonneau, P. Vauchel, L. Phillips, A. Castro, J.L. Guyot and E. Oliveira, 2005: Inundations in the Mamoré Basin (south-western Amazon-Bolivia) and sea-surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *J. Hydrol.*, **302**, 223-238.

Root, T.L. and S.H. Schneider, 2002: Climate change: overview and implications for wildlife. *Wildlife Responses to Climate Change: North American Case Studies*, S.H. Schneider and T.L. Root, Eds., Island Press, Washington, DC, 1–56.

Root, T.L., J.T. Price, K.R. Hall, S.H. Schneider, C. Rosenzweig and J.A. Pounds, 2003: Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, **421**(6918), 57–60.

Rosenberg, N.J., D.J. Epstein, D. Wang, L. Vail, R. Srinivasan and J.G. Arnold, 1999: Possible impacts of global warming on the hydrology of the Ogallala aquifer region. *Climatic Change*, **42**, 677-692.

Rosenberg, N.J., R.A. Brown, C. Izaurralde and A.M. Thomson, 2003: Integrated assessment of Hadley Centre HadCM2 climate change projections on agricultural productivity and irrigation water supply in the conterminous United States. I. Climate change scenarios and impacts on irrigation water supply simulated with the HUMUS model. *Agri. Forest Meteorol.*, **117**(1–2), 73–96.

Rosenzweig, C. and F.N. Tubiello, 2007: Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **12**, 855-873.

Rosenzweig, C., F.N. Tubiello, R. Goldberg, E. Mills and J. Bloomfield, 2002: Increased crop damage in the US from excess precipitation

under climate change. *Global Environ. Chang.*, **12**, 197–202.
Ross, M.S., J.F. Meeder, J.P. Sah, P.L. Ruiz and G.J. Telesnicki, 2000: The southeast saline Everglades revisited: 50 years of coastal vegetation change. *J. Vegetation Sci.,* **11**, 101–112.
Rowell, A. and P.F. Moore, 2000: *Global Review of Forest Fires*. WWF/IUCN, Gland, 66 pp. http://www.iucn.org/themes/fcp/publications/files/global_review_forest_fires.pdf.
Ruhland, K.M., A. Priesnitz and J.P. Smol, 2003: Paleolimnological evidence from diatoms for recent environmental changes in 50 lakes across Canadian Arctic treeline. *Arct. Antarct. Alp. Res.*, **35**, 110–123.
Ruosteenoja, K., T.R. Carter, K. Jylhä, and H. Tuomenvirta, 2003: *Future Climate in World Regions: An Intercomparison of Model-Based Projections for the New IPCC Emissions Scenarios*. The Finnish Environment **644**, Finnish Environment Institute, Helsinki, 83 pp.
Ruth, M., B. Davidsdottir and A. Amato, 2004: Climate change policies and capital vintage effects: the case of U.S. pulp and paper, iron and steel, and ethylene, *J. Environ. Manage.*, **70**, 235–252.
Saintilan, N. and R.J. Williams 1999: Mangrove transgression into saltmarsh environments in south east Australia. *Global Ecol. Biogeogr.*, **8**(2), 117–124.
Sala, O.A., F.S. Chapin III, J.J. Armesto, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L.F. Huenneke, R.B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D.M. Lodge, H.A. Mooney, M. Oesterheld, N.L. Poff, M.T. Sykes, B.H. Walker, M. Walker and D.H. Wall, 2000: Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, **287**, 1770-1774.
Salewicz, A., 1995: Impact of climate change on the operation of Lake Kariba hydropower scheme on the Zambezi River. *Water Resources Management in the Face of Climatic and Hydrologic Uncertainties,* Z. Kaczmarek, Ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 395 pp.
Salinger, M. J., 2001: Climate variation in New Zealand and the Southwest Pacific. *The Physical Environment. A New Zealand Perspective*, A. Sturman and R. Spronken-Smith, Eds., Oxford University Press, Victoria, 35 pp.
Sanders, C. and M. Phillipson, 2003: UK adaptation strategy and technical measures: the impacts of climate change on buildings. *Build. Res. Inf.*, **31**(3–4), 210–221
Sand-Jensen, K. and N.L. Pedersen, 2005: Broad-scale differences in temperature, organic carbon and oxygen consumption among lowland streams. *Freshw. Biol.*, **50**, 1927–1937.
Sankaran, M., N.P. Hanan, R.J. Scholes, J. Ratnam, D.J. Augustine, B.S. Cade, J. Gignoux, S.I. Higgins, X. le Roux, F. Ludwig, J. Ardo, F. Banyikwa, A. Bronn, G. Bucini, K.K. Caylor, M.B. Coughenour, A. Diouf, W. Ekaya, C.J. Feral, E.C. February, P.G.H. Frost, P. Hiernaux, H. Hrabar, K.L. Metzger, H.H.T. Prins, S. Ringrose, W. Sea, J. Tews, J. Worden and N. Zambatis, 2005: Determinants of woody cover in African savannas. *Nature*, **438**, 846-849.
Santos**,** F.D., K. Forbes and R. Moita, Eds., 2002: *Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*. SIAM Project Report, Gradiva, Lisbon, 456 pp.
Sanz, J.J., T.J. Potti, J. Moreno, S. Merion and O. Frias, 2003: Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region, *Global Change Biol.*, **9**, 461–472.
Scaife, A., J. Knight, G. Vallis and C.K. Folland, 2005: A stratospheric influence on the winter NAO and North Atlantic surface climate. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L18715, doi: 10.1029/2005GL023226.
Scavia, D., J.C. Field, D.F. Boesch, R. Buddemeier, D.R. Cayan, V. Burkett, M. Fogarty, M. Harwell, R. Howarth, C. Mason, D.J. Reed, T.C. Royer, A.H. Sallenger and J.G. Titus, 2002: Climate change impacts on U.S. coastal and marine ecosystems. *Estuaries*, **25**, 149–164.
Schallenberg, M., C.J. Hall and C.W. Burns, 2003: Consequences of climate-induced salinity increases on zooplankton abundance and diversity in coastal lakes. *Marine Ecol. Prog. Ser.*, **251**, 181–189.
Schär, C., P.L. Vidale, D. Luthi, C. Frei, C. Haberli, M.A. Liniger and C. Appenzeller, 2004: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*, **427**(6972), 332–336.
Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke and B. Walker, 2001: Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**, 591-596.
Schiermeier, Q., 2006: Insurers' disaster files suggest climate is culprit. *Nature*, **441**(7094), 674–675.
Schijven, J.F. and A.M. de Roda Husman, 2005: Effect of climate changes on waterborne disease in the Netherlands. *Water Sci. Technol.*, **51**, 79-87.
Schlenker, W., W.M. Hanemann and A.C. Fisher, 2005: Will U.S. agriculture really benefit from global warming? Accounting for irrigation in the hedonic approach. *American Economic Review*, **95**, 395–406.
Schlesinger, M.E. and N. Ramankutty, 1994: An oscillation in the global climate system of period 65–70 years. *Nature*, **367**, 723–726.
Schlesinger, W.H., 1999: Carbon sequestration in soils. *Science,* **284**, 2095.
Schneeberger, C., H. Blatter, A. Abe-Ouchi and M. Wild, 2003: Modelling changes in the mass balance of glaciers of the northern hemisphere for a transient 2× CO_2 scenario. *J. Hydrol.*, **282**(1–4), 145–163.
Schofield, N.J., 1992: Tree planting for dryland salinity control in Australia. *Agroforestry Sys.,* **20**, 1-23.
Schreider, S.Y., D.I. Smith and A.J. Jakeman, 2000: Climate change impacts on urban flooding. *Climatic Change*, **47**(1–2), 91–115.
Schröter D., W. Cramer, R. Leemans, I.C. Prentice, M.B. Araújo, N.W. Arnell, A. Bondeau, H. Bugmann, T.R. Carter, C.A. Gracia, A.C. de la Vega-Leinert, M. Erhard, F. Ewert, M. Glendining, J.I. House, S. Kankaanpää, R.J.T. Klein, S. Lavorell, M. Linder, M.J. Metzger, J. Meyer, T.D. Mitchell, I. Reginster, M. Rounsevell, S. Sabaté, S. Sitch, B. Smith, J. Smith, P. Smith, M.T. Sykes, K. Thonicke, W. Thuiller, G. Tuck, S. Zaehle and B. Zierl, 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, **310**, 1333–1337.
Schulze, E.-D., 1982: Plant life forms and their carbon, water and nutrient relations. *Physiology and Plant Ecology II. Water Relations and Carbon Assimilation,* O.L. Lange, C.B. Osmond and H. Ziegler, Eds., Springer-Verlag, Berlin, 615-676.
Schuster, C.J., A. Ellis, W.J. Robertson, J.J. Aramini, D.F. Charron and B. Marshall, 2005: Drinking water related infectious disease outbreaks in Canada, 1974-2001. *Can. J. Public Health*, **94**, 254-258.
Scott, D., 2005: Ski industry adaptation to climate change: hard, soft and policy strategies. *Tourism and Global Environmental Change*, S. Gossling and M. Hall, Eds. Routledge, Oxford. 265–285.
Scott, D. and B. Jones, 2006: *Climate Change and Seasonality in Canadian Outdoor Recreation and Tourism,* Climate Change Action Fund, University of Waterloo, Faculty of Environmental Studies, Waterloo, ON, 33 pp.
Scudder, T., 2005: *The Future of Large Dams*. Earthscan, London, 408 pp.
Semenov, S.M., V.V. Yasukevich and E.S. Gel'ver, 2006: *Identification of Climatogenic Changes*. Publishing Centre, Meteorology and Hydrology, Moscow, 325 pp.
Senate of Canada, 2003: *Climate change: We are at Risk*. Final Report, Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry, Ottawa.
Senhorst, H.A. and J.J. Zwolsman, 2005: Climate change and effects on water quality: a first impression. *Water Sci. Technol.*, **51**, 53–59.
Seo, S.N. and R. Mendelsohn, 2006: Climate change impacts on animal husbandry in Africa: a Ricardian analysis. *CEEPA Discussion Paper No.***9**. Special Series on Climate Change and Agriculture in Africa. The Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, University of Pretoria, Pretoria, 42 pp.

Serreze, M.C. and Co-authors, 2003: Large-scale hydro-climatology of the terrestrial Arctic drainage system. *J. Geophys. Res.*, **108**(D2), 8160.

Shabbar, A. and W. Skinner, 2004: Summer drought patterns in Canada and the relationship to global sea surface temperatures. *J. Clim.*, **17**, 2866–2880.

Shanks, G.D., S.I. Hay, D.I. Stern, K. Biomndo and R.W. Snow, 2002: Meteorologic influences on *Plasmodium falciparum* malaria in the highland tea estates of Kericho, western Kenya. *Emerg. Infect. Dis.*, **8**, 1404-1408.

Shen, X.T., Z.C. Mao and J.R. Zhu, 2003: *Saltwater Intrusion in the Changjiang Estuary*. China Ocean Press, Beijing, 175 pp (in Chinese).

Sherbinin, A., A. Schiller and A. Pulsipher, 2007: The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environ. Urbaniz.*, **12**(2), 93–102.

Shiklomanov, I.A., Shiklomanov, A.I., Lammers, R.B., Peterson, B.J. and Vorosmarty, C.J., 2000: The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean. *The Freshwater Budget of the Arctic Ocean*, E.L. Lewis, E.P. Jones, T.D. Prowse and P. Wadhams, Eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 281–296.

Shrestha, A.B., C.P. Wake, J.E. Dibb and P.A. Mayewski, 2000: Precipitation fluctuations in the Nepal Himalaya and its vicinity and relationship with some large-scale climatological parameters. *Int. J. Climatol.*, **20**, 317–327.

Shrestha, M.L. and A.B. Shrestha, 2004: *Recent Trends and Potential Climate Change Impacts on Glacier Retreat/Glacier Lakes in Nepal and Potential Adaptation Measures*. ENV/EPOC/GF/SD/RD(2004)6/FINAL, OECD, Paris, 23 pp.

Shukla, P.R., M. Kapshe and A. Garg, 2005: Development and climate: impacts and adaptation for infrastructure assets in India. *Proc. OECD Global Forum on Sustainable Development: Development and Climate Change*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 38 pp.

Silander, J., B. Vehviläinen, J. Niemi, A. Arosilta, T. Dubrovin, J. Jormola, V. Keskisarja, A. Keto, A. Lepistö, R. Mäkinen, M. Ollila, H. Pajula, H. Pitkänen, I. Sammalkorpi, M. Suomalainen and N. Veijalainen, 2006: *Climate Change Adaptation for Hydrology and Water Resources*. FINADAPT Working Paper 6, Finnish Environment Institute Mimeographs 336, Helsinki, 54 pp.

Silvestri, G.E. and C.S. Vera, 2003: Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 2115, doi:10.1029/2003GL018277.

Simonovic, S.P. and L.H. Li, 2003: Methodology for assessment of climate change impacts on large-scale flood protection system. *J. Water Res. Pl.-ASCE*, **129**(5), 361–371.

Sims, R.E.H., A. Hastings, B. Schlamadinger, G. Taylor and P. Smith, 2006: Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biol.*, **12**, 1-23.

Sinclair, M.R., J.A. Renwick and J.W. Kidson, 1997: Low-frequency variability of Southern Hemisphere sea level pressure and weather system activity. *Mon. Weather Rev.*, **125**, 2531–2543.

Sinclair, T.R. and L.C. Purcell, 2005: Is a physiological perspective relevant in a 'genocentric' age? *J. Exp. Bot.*, **56**, 2777-2782.

Singh, R.B.K., S. Hales, N. de Wet, R. Raj, M. Hearnden and P. Weinstein, 2001: The influence of climate variation and change on diarrhoeal disease in the Pacific Islands. *Environ. Health Persp.*, **109**, 155–1594.

Small, C. and R.J. Nicholls, 2003: A global analysis of human settlement in coastal zones. *J. Coastal Res.*, **19**, 584–599.

Smeets, E.M.W., A.P.C. Faaij, I.M. Lewandowski and W.C. Turkenburg, 2007: A bottom up quickscan and review of global bio-energy potentials to 2050. *Prog. Energy Comb. Sci.*, **33**, 56-106.

Smit, B. and E. Wall, 2003: *Adaptation to Climate Change Challenges and Opportunities: Implications and Recommendations for the Canadian Agri-Food Sector,* Senate Standing Committee on Forestry and Agriculture, Ottawa, Canada. http://www.parl.gc.ca/37/2/parlbus/commbus/senate/Com-e/agri-e/power-e/smith-e.htm.

Smith, K.A. and F. Conen, 2004: Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manage.,* **20**, 255-263.

Smith, L.C., Y. Sheng, G.M. MacDonald and L.D. Hinzman, 2005: Disappearing Arctic lakes. *Science*, **308**, 1429.

Smith, S.D., T.E. Huxman, S.F. Zitzer, T.N. Charlet, D.C. Housman, J.S. Coleman, L.K. Fenstermaker, J.R. Seemann and R.S. Nowak, 2000: Elevated CO_2 increases productivity and invasive species success in an arid ecosystem. *Nature*, **408**, 79 - 82.

Smith, V.R., 2002: Climate change in the sub-Antarctic: an illustration from Marion Island. *Climatic Change,* **52**(3), 345–357.

Smol, J.P. and Co-authors, 2005: Climate driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **102**(12), 4397–4402.

SOE, 2001: *Australia State of the Environment 2001*, Independent Report to the Commonwealth Minister for the Environment and Heritage. Australian State of the Environment Committee, CSIRO Publishing on behalf of the Department of the Environment and Heritage, 129 pp. http:/www.ea.gov.au/soe/2001.

Solanes, M. and A. Jouravlev, 2006: *Water Governance for Development and Sustainability*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Santiago, 84 pp.

Somlyódy, L., 2002: *Strategic Issues of the Hungarian Water Resources Management*. Academy of Science of Hungary, Budapest, 402 pp (in Hungarian).

Sommaruga-Wograth, S., K.A. Koinig, R. Schmidt, R. Sommaruga, R. Tessadri and R. Psenner, 1997: Temperature effects on the acidity of remote alpine lakes. *Nature*, **387**, 64-67.

Sorensen, I., P. Stone and B. Rogers, 2000: Effect of time of sowing on yield of a short and a long-season maize hybrid. *Agronomy New Zealand*, **30**, 63–66.

SRA, 2005: Sequía en el Chaco genera fuerte pérdidas. Comunicado de prensa de la Sociedad Rural Argentina. http://www.ruralarg.org.ar/.

Stakhiv, E.Z., 1998: Policy implications of climate change impacts on water resource management. *Water Policy*, **1**, 159–175.

Steenvoorden, J. and T. Endreny, 2004: *Wastewater Re-use and Groundwater Quality*. IAHS Publication 285, 112 pp.

Stern, N., 2007: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge, 692 pp.

Stewart, I.T., D.R. Cayan and M.D. Dettinger, 2005: Changes toward earlier streamflow timing across western North America. *J. Climate*, **18**, 1136–1155.

Stige, L.C., J. Stave, K.S. Chan, L. Ciannelli, N. Pettorelli, Glantz, P., H.R Herren and N.C. Stenseth, 2006: The effect of climate variation on agro-pastoral production in Africa. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 3049–3053.

Straile, D., D.M. Livingstone, G.A. Weyhenmeyer and D.G. George, 2003: The response of freshwater ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic Oscillation. *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*, Geophysical Monograph, 134. American Geophysical Union, Washington, DC, 279 pp.

Suarez, P., W. Anderson, V. Mahal and T.R. Lakshmanan, 2005: Impacts of flooding and climate change on urban transportation: a systemwide performance assessment of the Boston Metro Area. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, **10**(3), 231–244.

Summit Environmental Consultants, 2004: *Trepanier Landscape Unit (Westside) Water Management Plan*. Regional District of Central Okanagan and British Columbia, Ministry of Sustainable Resource Management, Kelowna, 300 pp.

Sutherland, K., B. Smit, V. Wulf, and T. Nakalevu, 2005: Vulnerability

to climate change and adaptive capacity in Samoa: the case of Saoluafata village. *Tiempo*, **54**, 11–15.

Sutherst, R.W., 2004: Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clin. Microb. Rev.*, **17**, 136–173.

Sutton, R.T. and D.L.R. Hodson, 2003: Influence of the ocean on North Atlantic climate variability 1871–1999. *J. Clim.*, **16**, 3296–3313.

Sutton, R.T. and D.L.R. Hodson, 2005: Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate. *Science*, **290**, 2133–2137.

Swank, W.T. and J.E. Douglass, 1974: Streamflow greatly reduced by converting deciduous hardwood stands to pine. *Science*, **185**, 857-859.

Swarup, A., M.C. Manna and G.B. Singh, 2000: Impact of land use and management practices on organic carbon dynamics in soils of India. *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*, R. Lal, J.M. Kimble and B.A. Stewart, Eds., CRC-Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 261-282.

Swiss Re, 1998: *Floods: An Insurable Risk*, Swiss Reinsurance Company, Zurich, 51 pp.

Syvitski, J.P.M., 2002: Sediment discharge variability in Arctic rivers: implications for a warmer future. *Polar Res.*, **21**(2), 323–330.

Syvistki, J.P.M., C.J. Vorosmarty, A.J. Kettner and P. Green, 2005: Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*, **308**, 376–380.

Szolgay, J., K. Hlavcova, S. Kohnová and R. Danihlik, 2004: Assessing climate change impact on river runoff in Slovakia. *Characterisation of the Runoff Regime and its Stability in the Tisza Catchment. Proc. XXII Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*. Brno, 30 August–2 September 2004. Brno, 2004. CD-edition.

Tao, F., M. Yokozawa, Y. Hayashi and E. Lin, 2003a: Changes in agricultural water demands and soil moisture in China over the last half-century and their effects on agricultural production. *Agri. Forest Meteorol.*, **118**, 251–261.

Tao, F., M. Yokozawa, Y. Hayashi and E. Lin, 2003b: Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China. *Agri. Eco. Environ.*, **95**, 203–215.

Tao, F., M. Yokozawa, Z. Zhang, Y. Hayashi, H. Grassl and C. Fu, 2004: Variability in climatology and agricultural production in China in association with the East Asia summer monsoon and El Niño South Oscillation, *Clim. Res.*, **28**, 23–30.

Tao, F.L., M. Yokozawa, Y. Hayashi and E. Lin, 2005: A perspective on water resources in China: interactions between climate change and soil degradation. *Climatic Change*, **68**(1–2), 169–197.

Tebakari, T., J. Yoshitani, and C. Suvanpimol, 2005: Time-space trend analysis in pan evaporation over kingdom of Thailand. *J. Hydrol. Eng.*, **10**, 205-215.

Thanh, T.D., Y. Saito, D.V. Huy, V.L. Nguyen, T.K.O. Ta and M. Tateishi, 2004: Regimes of human and climate impacts on coastal changes in Vietnam. *Reg. Environ. Change*, **4**, 49–62.

The Water Page, 2001: BPD business partners for development water and sanitation clusters. http://www.africanwater.org/bpd.htm.

Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. de Siqueira and Co-authors, 2004: Extinction from climate change. *Nature*, **427**, 145-148.

Thomas, J.M.G., K.J. Boote, L.H. Allen Jr., M. Gallo-Meagher and J.M. Davis, 2003: Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance. *Crop Science*, **43**(4), 1548–1557.

Thomas, M.K., D.F. Charron, D. Waltner-Toews, C. Schuster, A.R. Maarouf and J.D. Holt, 2006: A role of high impact weather events in waterborne disease outbreaks in Canada, 1975-2001. *Int. J. Environ. Health Res.*, **16**, 167-180.

Thomson, A.M., N.J. Rosenberg, R.C. Izaurralde and R.A. Brown, 2005a: Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment Part 5. Irrigated agriculture and national grain crop production. *Climatic Change*, **69**, 89-105.

Thomson, M.C., S.J. Mason, T. Phindela and S.J. Connor, 2005b: Use of rainfall and sea surface temperature monitoring for malaria early warning in Botswana. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **73**, 214-221.

Thomson, M.C., F.J. Doblas-Reyes, S.J. Mason, R. Hagedorn, S.J. Connor, T. Phindela, A.P. Morse and T.N. Palmer, 2006: Malaria early warnings based on seasonal climate forecasts from multi-model ensembles. *Nature*, **439**, 576-579.

Thornton, P.K., P.G. Jones, T.M. Owiyo, R.L. Kruska, M. Herero, P. Kristjanson, A. Notenbaert, N. Bekele and A Omolo, with contributions from V. Orindi, B. Otiende, A. Ochieng, S. Bhadwal, K. Anantram, S. Nair, V. Kumar and U. Kulkar, 2006: *Mapping Climate Vulnerability and Poverty in Africa*. Report to the Department for International Development, ILRI, Nairobi, 200 pp.

Treacy, J.M., 1994: *Las Chacras de Coparaque: Andenes y Riego en el Valle de Colca*. Instituto de Estudios Peruanos, Lima, 298 pp.

Trenberth, K.E., 1990: Recent observed interdecadal climate changes in the Northern Hemisphere. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **71**, 988–993.

Trenberth, K.E. and J.M. Caron, 2000: The Southern Oscillation revisited: sea level pressures, surface temperatures and precipitation. *J. Clim.*, **13**, 4358–4365.

Trenberth, K.E and T.J. Hoar, 1997. El Niño and climate change. *Geophys. Res. Lett.*, **24**, 3057–3060.

Trenberth, K.E., and D.J. Shea, 2006: Atlantic hurricanes and natural variability in 2005, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L12704, doi:10.1029/2006GL026894.

Trenberth, K.E. and D.P. Stepaniak, 2001: Indices of El Niño evolution. *J. Clim.*, 14, 1697–1701.

Trenberth, K.E., A.G. Dai, R.M. Rasmussen and D.B. Parsons, 2003: The changing character of precipitation. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **84**, 1205–1217.

Trenberth, K.E., D.P. Stepaniak and L. Smith, 2005: Interannual variability of the patterns of atmospheric mass distribution. *J. Clim.*, **18**, 2812–2825.

Trnka, M., M. Dubrovski and Z. Zalud, 2004: Climate change impacts and adaptation strategies in spring barley production in the Czech Republic. *Climatic Change*, **64**, 227–255.

Tuchman, N.C., K.A. Wahtera, R.G. Wentzel and J.A. Teeri, 2003: Elevated atmospheric CO_2 alters leaf litter quality for stream ecosystems: an *in situ* leaf decomposition study. *Hydrobiologica*, **495**, 203-211.

Tumerbaatar, D., 2003: *Annual report on permafrost: potential impacts of climate change, vulnerability and adaptation assessment for grassland ecosystem and livestock sector in Mongolia*, AIACC Project Report.

UCV, 2005: Análisis de las lluvias diarias y acumuladas durante Febrero de 2005 en la región central capital. Facultad de Ingeniería, Instituto de Mecánica de Fluidos Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

UK Water Industry Research, 2004: *Climate Change and the Hydraulic Design of Sewerage Systems: Summary Report*. Report 03/CC/10/0, UKWIR, London.

UN, 2002: *CEO Briefing on Climate Change and the Financial Services Industry*. Environment Programme Finance Initiatives (UNEP FI).

UN, 2003: *World Water Development Report: Water for Life, Water for People*. UNESCO, Paris and Berghahn Books, Barcelona, 36 pp.

UN, 2006: *World Water Development Report 2: Water, a Shared Responsibility*. UNESCO, Paris, 601 pp.

UNCHS, 2003: *Local Action for Global Goals: Water and Sanitation in the World's Cities 2003*. Earthscan, London.

UNCHS, 2006: *Meeting Development Goals in Small Urban Centres:*

Water and Sanitation in the World's Cities 2006. Earthscan, London, 273 pp.

UNDP, 2006: *Beyond Scarcity: Power, Poverty, and the Global Water Crisis*. Human Development Report 2006. United Nations Development Program, New York.

UNEP/GRID-Arendal, 2002: *Vital Climate Graphics*. United Nations Environment Programme. http://www.grida.no/climate/vital/index.htm.

UN-HABITAT, 2003: *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003*, Earthscan Publications, London, 310 pp.

United States Environmental Protection Agency, 1997: Need for American Indian and Alaska Native water systems. *Drinking Water Infrastructure Needs Survey First Report to Congress*. EPA 812-R-97-001, UNEPA, Washington, DC, 27-33. http://www.epa.gov/ogwdw/needssurvey/pdfs/1997/report_needssurvey_1997_findings-tribal.pdf

Unkovich, M., 2003: Water use, competition, and crop production in low rainfall, alley farming systems of south-eastern Australia. *Australian J. Agri. Res.*, **54**, pp. 751-762.

UNMSM, 2004: Calor intenso y largas sequías. Especials, Perú. http://www.unmsm.edu.pe/Destacados/contenido.php?mver=11.

UNWWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2003: *Water for People, Water for Life - UN World Water Development Report,* UNESCO, Paris, and Berghahn Books, Oxford, 688 pp.

UNWWAP (United Nations World Water Assessment Programme), 2006: *Water: A Shared Responsibility*. UNESCO, Paris, and Berghahn Books, Oxford, 600 pp.

US Department of the Interior, 2005: *Water 2025: Preventing Crises and Conflict in the West*. Water 2025 Status Report, Washington, DC, 36 pp. http://www.doi.gov/water2025.

US Global Change Research Program, 2000: *Water: the Potential Consequences of Climate Variability and Change for the Water Resources of the United States*. National Water Assessment Group, U.S. Global Change Research Program, 160 pp. http://www.gcrio.org/NationalAssessment/water/water.pdf.

Uyarra, M., I. Cote, J. Gill, R. Tinch, D. Viner and A.L Watkinson, 2005: Island-specific preferences of tourists for environmental features: implications of climate change for tourism-dependent states. *Environ. Cons.*, **32**(1), 11–19.

van Lieshout, M., R.S. Kovats, M.T.J. Livermore and P. Martens, 2004: Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environ. Chang.*, **14**, 87-99.

Van Rheenen, N.T., A.W. Wood, R.N. Palmer and D.P. Lettenmaier, 2004: Potential implications of PCM climate change scenarios for Sacramento–San Joaquin River Basin hydrology and water resources. *Climatic Change*, **62**, 257-281.

Vandenberghe, J., 2002: The relation between climate and river processes, landforms and deposits during the Quaternary. *Quaternary Int.*, **91**, 17–23.

VanRheenen, Vasilev, V., 2003: Variability of Shigella flexneri serotypes during a period in Israel, 2000-2001. *Epidemiol. Infect.*, **132**, 51–56.

Vásquez, O.C., 2004: *El Fenómeno El Niño en Perú y Bolivia: Experiencias en Participación Local*. Memoria del Encuentro Binacional Experiencias de prevención de desastres y manejo de emergencias ante el Fenómeno El Niño, Chiclayo, Peru. ITDG, 209 pp.

Vasquez-Leon, M., C.T. West, and T.J. Finan, 2003: A comparative assessment of climate vulnerability: agriculture and ranching on both sides of the US-Mexico border. *Global Environ. Chang.*, **13,** 159-173.

Venegas, S.A. and L.A. Mysak, 2000: Is there a dominant timescale of natural climate variability in the Arctic? *J. Clim.*, **13**, 3412–3434.

Vesely, J., V. Majer, J. Kopacek and S.A. Norton, 2003: Increasing temperature decreases aluminium concentrations in Central European lakes recovering from acidification. *Limnol. Oceanogr.*, **48**, 2346-2354.

Vic DSE, 2006: *Wimmera Mallee Pipeline*. Department of Sustainability and Environment, Victoria.

Villagrán de León, J., J. Scott, C. Cárdenas and S. Thompson, 2003: *Early Warning Systems in the American Hemisphere: Context, Current Status, and Future Trends*. Final Report. Hemispheric Consultation on Early Warning, Antigua, 15 pp.

Vincent, J.R., 1995: Timber trade, economics and tropical forest management. *Ecology, Conservation and Management of Southeast Asia Rainforests*, B.R. Primack and T.E. Lovejoy, Eds., Yale University Press, New Haven, CN, 241-261.

Viner, D., M. Sayer, M. Uyarra and N. Hodgson, 2006: *Climate Change and the European Countryside: Impacts on Land Management and Response Strategies*. Report prepared for the Country Land and Business Association, CLA, Norwich, 180 pp.

Viney, N.R., Bates, B.C., Charles, S.P., Webster, I.T., Bormans, M. and Aryal, S.K., 2003: Impacts of climate variability on riverine algal blooms. *Proc. International Congress on Modelling and Simulation, MODSIM 2003 14–17 July*, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc., 23–28. http://mssanz.org.au/modsim03/Media/Articles/Vol%201%20Articles/23-28.pdf.

Vörösmarty, C.J., P.J. Green, J. Salisbury and R.B. Lammers, 2000: Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, **289**, 284–288.

Vörösmarty, C.J., E.M. Douglas, A.A. Green and C. Ravenga, 2005: Geospatial indicators of emerging water stress: an application to Africa. *Ambio*, **34**(3), 230–236.

Vuille, M., R.S. Bradley, M. Werner and F. Keimig, 2003: 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. *Climatic Change*, **59**, 75-99.

Wahab, H.M., 2005: The impact of geographical information system on environmental development. *Unpublished MSc Thesis*, Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo, 149 pp.

Wall, E., and B. Smit, 2005: Climate change adaptation in light of sustainable agriculture. *J. Sustainable Agric.*, **27**, 113–123.

Walsh, J.E. and Co-authors, 2005: Cryosphere and hydrology. *Arctic Climate Impacts Assessment, ACIA*, C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 183–242.

Walsh, M.E., D.G. de la Torre Ugarte, H. Shapouri and S.P. Slinsky, 2003: Bioenergy crop production in the United States. *Environ. Res. Econ.*, **24**, 313-333.

Walter, M.T., D.S. Wilks, J.Y. Parlange and B.L. Schneider, 2004: Increasing evapotranspiration from the conterminous United States. *J. Hydrometeorol.*, **5**, 405-408.

Wang, T., 2003: Study on desertification in China. Contents of desertification research. *J. Desert Res.*, **23**(5), 477–482.

Warren, J., J. Berner and J. Curtis, 2005: Climate change and human health: infrastructure impacts to small remote communities in the North. *Int. J. Circumpolar Health*, **64**(5), 498.

Warren, R., N. Arnell, R. Nicholls, P. Levy and J. Price, 2006: *Understanding the Regional Impacts of Climate Change*. Research Report prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change. Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 90, UEA, Norwich, 223 pp

Wassmann, R., X.H. Nguyen, T.H. Chu and P.T. To, 2004: Sea-level rise affecting the Vietnamese Mekong Delta: water elevation in the flood season and implications for rice production. *Climatic Change*, **66**, 89-107.

Water 21, 2002: Joining forces. *Magazine of the International Water Association*, **October**, 55-57.

Water Corporation, 2006: *Planning for New Sources of Water*. West Australian Water Corporation. http://www.watercorporation.com.au/W/water_sources_new.cfm.

Waters, D., W.E. Watt, J. Marsalek and B.C. Anderson, 2003: Adaptation of a storm drainage system to accommodate increased rainfall resulting from climate change *J. Environ. Plan. Manag.*, **46**, 755–770.

Watson, R.T. and W. Haeberli, 2004: Environmental threats, mitigation strategies and high mountain areas. Mountain Areas: A Global Resource. *Ambio*, **13**, 2-10.

Watson, R.T., M.C. Zinyowera and R.H. Moss, Eds., 1997: *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, 517 pp.

WDR, 2003: *World Disaster Report: Focus on Ethics in Aid*. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva, 240 pp.

WDR, 2004: *World Disaster Report: Focus on Community Resilience*. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva, 240 pp.

Webster, P.J., V.O. Magana, T.N. Palmer, J. Shukla, R.A. Tomas, M. Yanagi and T. Yasunari, 1998: Monsoons: processes, predictability and the prospects for prediction. *J. Geophys. Res.*, **103**, 14451–14510.

Werritty, A., 2001: Living with uncertainty: climate change, river flow and water resources management in Scotland. *Sci. Total Environ.*, **294**, 29–40.

West, T.O. and G. Marland, 2003: Net carbon flux from agriculture: carbon emissions, carbon sequestration, crop yield, and land-use change. *Biogeochem.*, **63**, 73-83.

West, T.O. and W.M. Post, 2002: Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.,* **66**, 1930-1946.

Wheaton, E., V. Wittrock, S. Kulshretha, G. Koshida, C. Grant, A. Chipanshi and B. Bonsal, 2005: *Lessons Learned from the Canadian Drought Years of 2001 and 2002: Synthesis Report*. Saskatchewan Research Council Publication No. 11602-46E03, Saskatoon, Saskatchewan. http://www.agr.gc.ca/pfra/drought/info/11602-46E03.pdf.

White, M.A., N.S. Diffenbaugh, G.V. Jones, J.S. Pal and F. Giorgi, 2006: Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **103**, 11217-11222.

Whittington, H. and S.W. Gundry, 1998: Global climate change and hydroelectric resources. *Eng. Sci. Ed. J.*, **7**, 29-34.

WHO (World Health Organization), 2003: *Report of Synthesis Workshop on Climate Change and Health in Small Islands States*, 1-4 December 2003, Republic of the Maldives. World Health Organization, Geneva, 95 pp.

WHO (World Health Organization), 2004: *Guidelines for Drinking Water Quality. Volume 1: Recommendations*, Third Edition, WHO, Geneva, 366 pp.

WHO (World Health Organization), 2005: *Water Safety Plans: Managing Drinking Water Quality from Catchment to Consumer*. Prepared by A. Davison and Co-authors, WHO/SDE/WSH/05.06, WHO, Geneva, 235 pp.

WHO/UNICEF, 2000: *Global water supply and sanitation assessment 2000 report*. World Health Organization with UNICEF, Geneva, 79 pp. http://www.who.int/docstore/water_sanitation_healt/Globassessment/GlobalTOC.htmWHO/UNICEF.

Wijeratne, M.A., 1996: Vulnerability of Sri Lanka tea production to global climate change. *Water Air Soil Poll.,* Historical Archive, 87–94.

Wilby, R.L., 2006: When and where might climate change be detectable in UK river flows? *Geophys. Res. Lett.*, **33**(19), L19407, doi:10.1029/2006GL027552.

Wilby R.L. and I. Harris, 2006: A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: low-flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resour. Res.*, **42**, W02419, doi:10.1029/2005WR004065.

Williams, K.L., K.C. Ewel, R.P. Stumpf, F.E. Putz and T.W. Workman, 1999: Sea-level rise and coastal forest retreat on the west coast of Florida. *Ecology*, **80**, 2045–2063.

Williams, R.H., E.D. Larson and H. Jin, 2006: Synthetic fuels in a world of high oil and carbon prices. *Proc. 8th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, Trondheim, Norway, June.

Williams, S.E., E.E. Bolitho and S. Fox, 2003: Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *P. Roy. Soc. Lond. B Bio.*, **270**, 1887-1892.

Winter, T.C. and M.K. Woo, 1990: Hydrology of lakes and wetlands. *Surface Water Hydrology,* M.G. Wolman and H.C. Riggs, Eds., Geological Society of America, Boulder, CO, Vol. 0-1, 159–188.

Woo, M.K., R.D. Rowsell and R.G. Clark, 1993: *Hydrological Classification of Canadian Prairie Wetlands and Prediction of Wetland Inundation in Response to Climatic Variability*. Canadian Wildlife Service, Environment Canada, Ottawa, ON, 23 pp.

Woodruff, R.E. and Co-authors, 2002: Predicting Ross River virus epidemics from regional weather data. *Epidemiology*, **13**, 384–393.

Woodruff, R.E., C.S. Guest, M.G. Garner, N. Becker and M. Lindsay, 2006: Early warning of Ross River virus epidemics: combining surveillance data on climate and mosquitoes. *Epidemiology*, **17**(5), 569–575.

Woods, R.A. and C. Howard-Williams, 2004: Advances in freshwater sciences and management. *Freshwaters of New Zealand*, J.S. Harding, M.P. Mosley, C.P. Pearson and B.K. Sorrell, Eds., New Zealand Hydrological Society Inc. and New Zealand Limnological Society Inc., Christchurch, 764 pp.

Woodworth, P.L. and D.L. Blackman, 2004: Evidence for systematic changes in extreme high waters since the mid-1970s. *J. Climate*, **17**, 1190-1197.

World Bank, 2000: *Cities, Seas and Storms: Managing Change in Pacific Island Economies. Vol. IV, Adapting to Climate Change*. The World Bank, Washington, DC, 72 pp.

World Bank, 2002: *World Development Indicators*, CD-ROM, The World Bank, Washington, DC.

World Bank, 2004a: *Water Resources Sector Strategy: Strategic Directions for World Bank Engagement*. Pub. No. 28114, The World Bank, Washington, DC, 88 pp.

World Bank, 2004b: *Modelled Observations on Development Scenarios in the Lower Mekong Basin*. Mekong Regional Water Resources Assistance Strategy, prepared for theWorld Bank with Mekong River Commission cooperation, Washington, DC and Vientiane, 142 pp. http://www. mrcmekong.org/free_download/report.htm.

World Commission on Dams, 2000: *Dams and Development: A New Framework for Decision-Making*. Earthscan, London, 442 pp.

World Water Council, 2006: *Final Report of the 4th World Water Forum*. National Water Commission of Mexico, Mexico City, 262 pp.

World Water Forum, 2000: *The Africa Water Vision for 2025: Equitable and Sustainable Use of Water for Socioeconomic Development*. World Water Forum, The Hague, 30 pp.

Wright, K.R. and A. Valencia Zegarra, 2000: *Machu Picchu: A Civil Engineering Marvel*. American Society of Civil Engineers Press, Reston, Virginia, 144 pp.

Wrona, F.J. and Co-authors, 2005: Freshwater ecosystems and fisheries. *Arctic Climate Impact Assessment, ACIA*, C. Symon, L. Arris and B. Heal, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 353–452.

Wrona, F.J., T.D. Prowse, J.D. Reist, J.E. Hobbie, L.M.J. Lévesque

and W.F. Vincent, 2006: Climate change effects on aquatic biota, ecosystem structure and function. *Ambio*, **35**(7), 359–369.

WWF, 2005: *An Overview of Glaciers, Glacier Retreat, and Subsequent Impacts in Nepal, India and China*. WWF Nepal Programme, 79 pp. http://assets.panda.org/downloads/himalayaglaciersreport2005.pdf.

Xu, C.X., 2003: *China National Offshore and Coastal Wetlands Conservation Action Plan*. China Ocean Press, Beijing, 116 pp (in Chinese).

Yamada, T., 1998: *Glacier Lake and its Outburst Flood in the Nepal Himalaya*. Monograph No. 1, March 1998, Data Center for Glacier Research, Japanese Society of Snow and Ice, Tokyo, 96 pp.

Yan, X., T. Ohara and H. Akimoto, 2003: Development of region-specific emission factors and estimation of methane emission from rice field in East, Southeast and South Asian countries. *Global Change Biology,* **9**, 237-254.

Yang, D., B. Ye and A. Shiklomanov, 2004a: Discharge characteristics and changes over the Ob River watershed in Siberia. *J. Hydrometeorol*., **5**, 595–610.

Yang, D., B. Ye and D.L. Kane, 2004b: Streamflow changes over Siberian Yenisei River basin. *J. Hydrol*., **296**, 59–80.

Yang, D.Q., D.L. Kane, L.D. Hinzman, X. Zhang, T. Zhang and H. Ye, 2002: Siberian Lena River hydrologic regime and recent change. *J. Geophys. Res*., **107**(D23), 4694, doi:10.1029/2002JD002542.

Yin, Y.Y., Q.L. Miao and G.S. Tian, 2003: *Climate Change and Regional Sustainable Development*. Science Press, Beijing, 224 pp.

Yoshikawa, K. and L.D. Hinzman, 2003: Shrinking thermokarst ponds and groundwater dynamics in discontinuous permafrost. *Permafrost Periglac. Proc*., **14**(2), 151–160.

Young, R.A., 2005: *Determining the Economic Value of Water: Concepts and Methods*. Resources for the Future Press, Washington, DC, 300 pp.

Zavaleta, E.S. and K.B. Hulvey, 2004: Realistic species losses disproportionately reduce grassland resistance to biological invaders. *Science*, **306**, 1175-1177.

Zebisch, M., T. Grothmann, D. Schroeter, C. Hasse, U. Fritsch and W. Cramer, 2005: *Climate Change in Germany: Vulnerability and Adaptation of Climate Sensitive Sectors*. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Dessau, 205 pp.

Zeidler, R.B., 1997: Continental shorelines: climate change and integrated coastal management. *Ocean Coast. Manage*., **37**(1), 41–62.

Zhai P. and X. Pan, 2003: Trends in temperature extremes during 1951–1999 in China. *Geophys. Res. Lett*., **30**(17), 1913, doi:10.1029/2003GL018004.

Zhai, P.M., 2004: Climate change and meteorological disasters. *Sci. Techn. Rev*., **193**(7), 11–14.

Zhai, P.M., A. Sun, F. Ren, X. Liu, B. Gao and Q. Zhang, 1999: Changes of climate extremes in China. *Climatic Change*, **42**, 203–218.

Zhang, T.J., O.W. Frauenfeld, M.C. Serreze, A. Etringer, C. Oelke, J. McCreight, R.G. Barry, D. Gilichinsky, D.Q. Yang, H.C. Ye, F. Ling and S. Chudinova, 2005: Spatial and temporal variability in active layer thickness over the Russian Arctic drainage basin. *J. Geophys. Res*., **110**(D16), D16101, doi:10.1029/2004JD005642.

Zhang, Y., W. Chen and J. Cihlar, 2003: A process-based model for quantifying the impact of climate change on permafrost thermal regimes, *J. Geophys. Res*., **108**(D22), 4695 doi:10.1029/2002JD003354.

Zhou, G., N. Minakawa, A.K. Githeko and G. Yan, 2004: Association between climate variability and malaria epidemics in the East African highlands. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**, 2375-2380.

Zhou, Y. and R.S.J. Tol, 2005: Evaluating the costs of desalination and water transport. *Water Resourc. Res*., **41**, 1–10.

Zierl, B. and H. Bugmann, 2005: Global change impacts on hydrological processes in Alpine catchments. *Water Resourc. Res*., **41**(2), 1–13.

ПРИЛОЖЕНИЕ I: ОПИСАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Модель	Группа разработчиков	Разрешение (широта/долгота)	Ссылка с описанием модели (см ниже)
CGCM1	Канадский центр климатического моделирования и анализа, Канада	Атмосферный компонент: ~3,7° x 3,7° Океанический компонент: ~1,8° x 1,8°	Flato et al., 2000
HadCM2	Метеорологическая служба, Центр Гадлея, СК	2,5° x 3,75°	Johns et al., 1997
HadCM3	Метеорологическая служба, Центр Гадлея, СК	2,5° x 3,75°	Gordon et al., 2000 Pope et al., 2000
RegCM2	Национальный центр атмосферных исследований, США	~50 km	Giorgi et al., 1993a, b
ECHAM4 (с OPYC3)	Институт метеорологии им. Макса Планка (ИМП) и Немецкий климатический вычислительный центр (НКВЦ), Германия	~2,8° x 2,8°	Roeckner et al., 1996

Ссылки:

Flato, G.M., G.J. Boer, W.G. Lee, N.A. McFarlane, D. Ramsden, M.C. Reader and A.J. Weaver, 2000: The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis global coupled model and its climate. *Clim. Dyn.*, **16**, 451-467.

Johns, T.C., R.E. Carnell, J.F. Crossley, J.M. Gregory, J.F.B. Mitchell, C.A. Senior, S.F.B. Tett and R.A. Wood, 1997: The second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: model description, spinup and validation. *Clim. Dyn.*, **13**, 103-134.

Gordon, C., C. Cooper, C.A. Senior, H.T. Banks, J.M. Gregory, T.C. Johns, J.F.B. Mitchell and R.A. Wood, 2000: The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Clim. Dyn.*, **16**, 147-168.

Pope, V., M.L. Gallani, P.R. Rowntree and R.A. Stratton, 2000: The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model: HadAM3. *Clim. Dyn.*, **16**, 123-146.

Giorgi, F., M.R. Marinucci and G. T. Bates, 1993: Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part I Boundary layer and radiative transfer processes. *Mon. Weather Rev.*, **121**, 2794-2813.

Giorgi, F., M.R. Marinucci, G. T. Bates and G. DeCanio, 1993: Development of a second generation regional climate model (RegCM2). Part II Convective processes and assimilation of lateral boundary conditions. *Mon. Weather Rev.*, **121**, 2814-2832.

Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dümenil, M. Esch, M. Giorgetta, U. Schlese and U. Schulzweida, 1996: *The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present-day climate.* Max-Planck Institute for Meteorology, Report No.218, Hamburg, Germany, 90 pp.

ПРИЛОЖЕНИЕ II: ГЛОССАРИЙ

Редактор: Жанна Палютикоф (Соединенное Королевство)
Соредакторы: Клэр Хэнсон (Соединенное Королевство), Брайсон Бэйтс (Австралия)

Настоящий глоссарий основан на глоссариях, опубликованных в Четвертом докладе об оценке МГЭИК.

Выделение слов курсивом означает следующее: *Данный термин определен в глоссарии; вторичный термин глоссария* (т.е. термины, которые либо содержатся в одном из глоссариев докладов рабочих групп МГЭИК, составляющих ДО4, либо определены в тексте одной из статей настоящего глоссария).

А

Адаптация (Adaptation)
Инициативы и меры по уменьшению уязвимости естественных и антропогенных систем к фактическим или ожидаемым последствиям *изменения климата*. Различают несколько видов адаптации, включая *упреждающую* и *ответную адаптацию*, адаптацию *частных* и *государственных* субъектов деятельности, *автономную* и плановую адаптацию. В качестве примеров можно привести возведение речных или прибрежных оградительных дамб, замену чувствительных растений более термостойкими и т.д.

Аквакультура (Aquaculture)
Контролируемое выращивание водных растений или животных, например, лосося или моллюсков и ракообразных в закрытых заводях с целью получения продукции.

Активный слой (Active layer)
Слой грунта, подвергающийся ежегодному оттаиванию и замораживанию в районах, нижний слой в которых является *вечной мерзлотой*

Альбедо (Albedo)
Доля *солнечной радиации*, отражаемой поверхностью или предметом, часто выражаемая в процентах. Поверхности, покрытые снегом, характеризуются высоким альбедо; альбедо почв варьируется от высокого до низкого; поверхности, покрытые растительностью, и океаны характеризуются низким альбедо. Планетарное альбедо Земли меняется главным образом в результате изменения облачности, снежного и ледового покрова, листовой поверхности и растительного покрова.

Альпийский (Alpine)
Биогеографическая зона, образованная склонами, расположенными выше верхней границы лесов, и характеризуемая наличием травянистых розеточных растений и низкорослых медленнорастущих кустарникообразных древесных растений.

Ансамбль (Ensemble)
Группа параллельных модельных имитаций, используемых для получения *проекций климата*. Вариация результатов по членам ансамбля дает оценку *неопределенности*. Ансамбли, составленные при помощи одной модели, но с разными начальными условиями, характеризуют только неопределенность, связанную с внутренней *изменчивостью климата*, тогда как мультимодельные ансамбли, включая имитации посредством нескольких моделей, учитывают также влияние различий между моделями. Ансамбли с возмущенными параметрами, в которых параметры моделей систематически варьируются, имеют целью получение более объективной оценки неопределенности моделирования, чем это возможно в традиционных мультимодельных ансамблях.

Антропогенная система (Human system)
Любая система, в которой основную роль играют организации людей. Зачастую, но не всегда, этот термин синонимичен *обществу* или *социальной системе*, например сельскохозяйственной системе, политической системе, технологической системе, экономической системе.

Антропогенный (Anthropogenic)
Являющийся результатом или продуктом деятельности человека.

Атлантическое мультидекадное колебание (АМК) (Atlantic Multi-decadal Oscillation (AMO))
Мультидекадное (65-75 лет) колебание в Северной Атлантике, во время которого *температура морской поверхности* характеризовалась теплыми периодами, приблизительно с 1860 по 1880 гг. и с 1930 по 1960 гг., и холодными периодами с 1905 по 1925 гг. и с 1970 по 1990 гг., с диапазоном порядка 0,4° С.

Атмосфера (Atmosphere)
Газовая оболочка, окружающая Землю. Сухая атмосфера состоит практически целиком из азота (78,1% состава смеси по объему) и кислорода (20,9% состава смеси по объему), а также ряда микропримесей газов, таких как аргон (0,93% состава смеси по объему), гелий и радиационно активных парниковых газов, таких как *углекислый газ* (0,035% состава смеси по объему) и *озон*. Кроме того, атмосфера содержит водяной пар, являющийся парниковым газом, количество которого варьируется в широких пределах, но, как правило, составляет около 1% состава смеси по объему. В состав атмосферы также входят облака и *аэрозоли*.

Аэрозоли (Aerosols)
Совокупность находящихся в воздухе твердых или жидких частиц, размер которых обычно составляет от 0,01 до 10 мкм и которые сохраняются в атмосфере минимум несколько часов. Аэрозоли могут быть как естественного, так и *антропогенного* происхождения. Аэрозоли могут воздействовать на *климат* несколькими путями: непосредственно – путем рассеивания и *поглощения* излучения, и косвенно – действуя в качестве облачных ядер конденсации, либо изменяя оптические свойства и период жизни облаков.

Б

Баланс массы (ледников, ледовых шапок и ледовых щитов) (Mass balance (of glaciers, ice caps or ice sheets))
Баланс между приходом массы ледяного образования (вследствие аккумуляции льда) и ее расходом (из-за абляции и откалывания айсбергов). Используется следующая терминология по балансу массы:
Удельный баланс массы: чистая потеря или увеличение массы *за гидрологический цикл* в точке на поверхности *ледника*.
Общий баланс массы (ледника): удельный баланс массы, пространственно интегрированный по всей площади ледника; общая масса, которую ледник набирает или теряет за гидрологический цикл.
Средний удельный баланс массы: полный баланс массы на единицу площади ледника. Если задана какая-то площадь *(удельный баланс массы для заданной площади)*, то влияние движения льда не учитывается; в противном случае баланс массы включает приход массы за счет движения льда и ее расход в результате откалывания айсбергов. Удельный баланс массы для площади в области нарастания льда положительный, а в области абляции – отрицательный.

Барьер (Barrier)
Любое препятствие на пути достижения цели, потенциала *адаптации* или *смягчения воздействий на изменение климата*, которое может быть преодолено или уменьшено с помощью соответствующей политики, программы или меры. *Устранение барьеров* включает непосредственную корректировку неэффективных рыночных механизмов или сокращение операционных издержек в государственном и частном секторах, например путем улучшения институциональных возможностей, снижения риска и неопределенности, содействия рыночным операциям и осуществления политики правового регулирования.

Бассейн (Basin)
Водосборная площадь потока, реки или озера.

Беспроигрышная политика (No regrets policy)
Политика, которая принесла бы чистые социальные и/или экономические выгоды независимо от того, происходит *антропогенное изменение климата* или нет.

Биом (Biome)
Основной и отдельный региональный элемент *биосферы*, состоящий обычно из нескольких экосистем (например, *лесов*, рек, водоемов, болот в пределах *региона*). Биомы характеризуются типовыми сообществами растений и животных.

Биом морского льда (Sea-ice biome)
Биом, образованный всеми морскими организмами, живущими в плавучем морском льду (замерзшей морской воде) полярных океанов или на таком льду.

Биомасса (Biomass)
Общая масса живых организмов на данной площади или в данном объеме; в мертвую биомассу часто включают свежие растительные остатки. Количество биомассы выражается в виде сухого веса или *энергетических единиц*, содержания углерода или азота.

Биоразнообразие (Biodiversity)
Совокупное разнообразие всех организмов и экосистем в разных пространственных масштабах (от генов до целых *биомов*).

Биосфера (земная и морская) (Biosphere (terrestrial and marine))
Часть системы Земля, включающая все *экосистемы* и живые организмы в *атмосфере*, на суше (*земная биосфера*) или в океанах (*морская биосфера*), в том числе производное мертвое органическое вещество, например лесную подстилку, почвенный органический материал и океанический детрит.

Биота (Biota)
Все живые организмы в данном районе; флора и фауна рассматриваются как одно целое.

Биотопливо (Biofuel)
Топливо, получаемое из органического вещества или горючих масел из растений. Это, например, спирт, черный щелочной раствор – побочный продукт процесса изготовления бумаги, древесина и соевое масло.

Биоэнергия (Bioenergy)
Энергия, полученная из биомассы.

Болото (Bog)
Водно-болотное угодье с кислой средой, в котором накапливается *торф*.

Бореальный лес (Boreal forest)
Сосновые, еловые, пихтовые и лиственничные леса, простирающиеся от восточного побережья Канады на запад до Аляски и далее через Сибирь на запад по всей территории России до Европейской равнины.

В

Валовая первичная продукция (Gross primary production)
Общее количество углерода, связанного растениями путем *фотосинтеза*.

Валовой внутренний продукт (ВВП) (Gross Domestic Product (GDP))
Валовой внутренний продукт (ВВП) - это стоимостное выражение всех товаров и услуг, произведенных в данной стране.

Валовой национальный продукт (ВНП) (Gross National Product (GNP))
Валовой национальный продукт (ВНП) – это стоимостное выражение всех товаров и услуг, произведенных в экономике страны, включая доход, полученный за рубежом резидентами данной страны, но за вычетом дохода, полученного иностранными гражданами.

Вероятность (Likelihood)
Вероятность наступления события, исхода или результата, если ее можно оценить вероятностно, выражается в настоящем Техническом документе с помощью стандартной терминологии, приведенной во вставке 1.1. См. также *Достоверность; Неопределенность*.

Вертикальный градиент (Lapse rate)
Скорость изменения атмосферной переменной, обычно температуры, с высотой. Вертикальный градиент считается положительным, если переменная с высотой уменьшается.

Вечная мерзлота (Permafrost)
Грунт (почва или порода с включениями льда и органических веществ), который сохраняет температуру 0°C или ниже в течение минимум двух лет подряд. См. также *Мерзлый грунт*.

Внешнее воздействие (External forcing)
Внешнее воздействие относится к воздействующему фактору вне *климатической системы*, вызывающему изменение в климатической системе. К внешним воздействиям относятся извержения вулканов, солнечные вариации и *антропогенные* изменения в составе *атмосферы* и *землепользовании*.

Внутренняя изменчивость (Internal variability)
См. *Изменчивость климата.*

Водный эквивалент снега (Snow water equivalent)
Эквивалентный объем/масса воды, которая образовалась бы, если бы растаял конкретный массив снега или льда.

Водная безопасность (Water security)
Надежная обеспеченность водой в достаточном количестве и соответствующего качества для поддержания здоровья человека, обеспечения источников существования, процесса производства и окружающей среды.

Водно-болотное угодье (Wetland)
Переходная, регулярно насыщаемая водой зона плохо дренируемых почв, часто между водной и наземной *экосистемами*, питаемая дождями, поверхностными или подземными водами. Водно-болотные угодья характеризуются преобладанием растительности, приспособленной для жизни на водонасыщенных грунтах.

Водный стресс (Water stress)
Страна испытывает водный стресс, если имеющиеся запасы пресной воды по сравнению с объемом забора воды выступают в качестве существенного препятствия на пути развития. В оценках глобального масштаба бассейны, находящиеся под воздействием водного стресса, часто определяются как имеющие водообеспеченность ниже 1000 м^3/г на человека (на основе долгосрочных усредненных данных о стоке). Показателем водного стресса служит забор воды, превышающий 20% возобновляемых водных запасов. Сельскохозяйственная культура испытывает водный стресс, если объем воды, содержащейся в почве, и, следовательно, фактическая *эвапотранспирация* меньше, чем потенциальная потребность в эвапотранспирации.

Водоносный слой (Aquifer)
Пласт водопроницаемой породы, в котором находится вода. Неизолированный водоносный слой пополняется непосредственно за счет местной дождевой воды, рек и озер, причем степень пополнения будет зависеть от водопроницаемости расположенных выше пород и почв.

Водопотребление (Water consumption)
Объем отбираемой воды, безвозвратно теряемый при ее использовании (вследствие испарения и производства продукции). Водопотребление равно забору воды за вычетом стока отработанной воды.

Водосборный бассейн (Catchment)
Район сбора и стока дождевой воды.

Воздействие (Forcing)
См. *Внешнее воздействие.*

Воздействия нерыночных факторов (Non-market impacts)
Воздействия, которые влияют на *экосистемы* или на благосостояние человека, но которые трудно представить в денежном выражении, например повышенный риск преждевременной смерти или увеличение числа людей, подверженных риску голода. См. также *Воздействия рыночных факторов*.

Воздействия рыночных факторов (Market impacts)
Воздействия, которые можно количественно определить в денежном выражении и которые непосредственно влияют на *валовой внутренний продукт* – например изменения в ценах на вводимые сельскохозяйственные ресурсы и/или товары. См. также *Воздействия нерыночных факторов*.

Вымирание (Extinction)
Полное исчезновение всего биологического вида.

Г

Гетеротрофное дыхание (Heterotrophic respiration)
Преобразование органического вещества в *углекислый газ* организмами, не являющимися растениями.

Гидрологические системы (Hydrological systems)
См. *Гидрологический цикл.*

Гидрологический цикл (Hydrological cycle)
Цикл, при котором вода испаряется из океанов и с поверхности суши и переносится над Землей в результате атмосферной циркуляции в виде водяного пара, конденсируется, формируя облака, *снова* выпадает в виде осадков – дождя или снега, задерживается деревьями и растительностью, образует сток на поверхности суши, проникает в почву, пополняет грунтовые воды, стекает в водотоки и, в конечном итоге, впадает в океаны, из которых она будет вновь испаряться (AMO, 2000 г.). Различные системы, участвующие в гидрологическом цикле, обычно называются *гидрологическими системами*.

Гидросфера (Hydrosphere)
Компонент *климатической системы*, состоящий из поверхностных и подземных вод в жидком состоянии, таких, как океаны, моря, реки, пресноводные озера, подземные воды и т.д.

Гиполимнетический (Hypolimnetic)
Обозначает часть озера ниже *термоклина*, состоящую из застойной воды, температура которой практически однородна, за исключением периода перемешивания.

Глобализация (Globalisation)
Растущая интеграция и взаимозависимость стран всего мира вследствие увеличения объема и разнообразия трансграничных операций по торговле товарами и услугами, свободных международных потоков капитала и более быстрого и повсеместного распространения технологий, информации и культуры.

Глобальное потепление (Global warming)
Глобальное потепление означает постепенное повышение, наблюдаемое или прогнозируемое, глобальной средней приземной температуры как одно из последствий радиационного воздействия, вызванного антропогенными выбросами.

Голоцен (Holocene)
Голоцен – это геологический период, который начался около 11,6 тыс. лет тому назад и продолжается в настоящее время.

Горная местность (Montane)
Биогеографическая зона, образованная относительно влажными, прохладными горными склонами, расположенными ниже *субальпийской* зоны, и характеризующаяся наличием смешанных лиственных лесов на малых высотах и хвойных вечнозеленых лесов на больших высотах.

Д
Дальняя корреляционная связь (Teleconnection)
Связь между *колебаниями климата* над отстоящими далеко друг от друга частями планеты. С физической точки зрения дальние корреляционные связи часто являются следствием крупномасштабных волновых движений, посредством которых энергия передается из регионов-источников по предпочтительным путям в *атмосфере*.

Дамба (Dyke)
Искусственная насыпь или перемычка, возведенная вдоль берега в целях предохранения от затопления низменных участков суши.

Динамическая глобальная модель растительности (ДГМР) (Dynamic global vegetation model (DGVM))
Модели, которые имитируют развитие и динамику растительности в пространстве и времени в зависимости от изменения *климата* и других изменений в окружающей среде.

Динамический расход льда (Dynamical ice discharge)
Расход льда из *ледовых щитов* или *ледовых шапок*, вызываемый скорее динамикой ледовых щитов или ледовых шапок (например, в виде движения *ледников*, ледяных потоков или отрывающихся айсбергов), а не таянием или *стоком*.

Достоверность (Confidence)
Степень уверенности в правильности результата выражается в техническом документе с помощью стандартной терминологии, определенной во Вставке 1.1. См. также *Вероятность; Неопределенность*.

Дыхание (Respiration)
Процесс, посредством которого живые организмы преобразуют органическое вещество в *углекислый газ*, высвобождая энергию и потребляя кислород.

З
Заболеваемость (Morbidity)
Показатель распространенности болезней или других расстройств здоровья среди населения с учетом показателей заболеваемости конкретных возрастных групп. Показатели заболеваемости включают частоту/распространенность хронических болезней, коэффициент госпитализации, число больных, обратившихся в учреждения первичной медико-санитарной помощи, количество дней нетрудоспособности (т.е. дней отсутствия на работе) и распространенность симптомов.

Заинтересованная сторона (Stakeholder)
Физическое лицо или организация, имеющая законный интерес в отношении проекта или объекта или могущая быть затронутой конкретной мерой или *политикой*.

Закись азота (N_2O) (Nitrous oxide (N_2O))
Один из шести *парниковых газов*, выбросы которых подлежат сокращению в соответствии с *Киотским протоколом*. Главным антропогенным источником закиси азота является сельское хозяйство (почва и уборка, хранение и использование навоза), но важная доля приходится также на очистку сточных вод, сжигание ископаемых видов топлива и химические промышленные процессы. Закись азота образуется также естественным образом из широкого спектра биологических источников в почве и воде, особенно в результате действия микробов во влажных тропических лесах.

Засоление (Salinisation)
Накопление соли в почвах.

Засуха (Drought)
В общих чертах засуха – это «длительное отсутствие или заметный дефицит осадков», «дефицит, который приводит к нехватке воды для какого-либо вида деятельности или какой-либо группы», или «период аномально сухой погоды, достаточно длительный для того, чтобы отсутствие осадков вызвало серьезный гидрологический дисбаланс» (Heim, 2002). Есть несколько определений засухи. *Сельскохозяйственная засуха* означает влияющий на урожай дефицит влаги в верхнем, толщиной около метра, слое почвы (корнеобитаемом слое); *метеорологическая засуха* – это, в основном, длительный дефицит осадков: а *гидрологическая засуха* предполагает падение уровня речного стока, уровня воды в озерах и уровня грунтовых вод ниже нормального. *Мегазасуха* – это продолжительная и повсеместная засуха, которая длится гораздо больше обычного, как правило, десять и более лет.

Засушливый регион (Arid region)
Район суши с низким количеством осадков, где *низкий*, как правило, означает менее 250 мм осадков в год.

Затраты (Cost)
Потребление ресурсов, таких как рабочее время, капитал, материалы, топливо и т.д. вследствие того или иного действия. В экономике все ресурсы оцениваются по их *альтернативным* издержкам, которые представляют собой стоимость наиболее ценного альтернативного использования ресурсов. Затраты определяются множеством различных способов и при множестве допущений, которые влияют на их величину. Виды затрат включают: *административные затраты, стоимость ущерба* (нанесенного экосистемам, экономике и населению отрицательными последствиями *изменения климата*); *затраты на осуществление* мероприятий по изменению действующих норм и правил, наращиванию потенциала, информационной деятельности, обучению и образованию и т.д. *Частные затраты* несут отдельные лица, компании и другие частные субъекты, которые предпринимают те или иные действия, а *общественные затраты* включают еще и внешние затраты на окружающую среду и общество в целом. Понятие, обратное затратам, - выгоды (также иногда называются *отрицательными затратами*). Затраты за вычетом выгод представляют собой *чистые затраты*.

Землепользование и изменения в землепользовании (Land use and Land use change)
Землепользование означает совокупность мероприятий, деятельности и задействованных ресурсов в пределах данного вида растительного покрова (комплекс работ, выполняемых людьми). Термин *землепользование* также используется в значении социально-экономических задач, для решения которых осуществляется управление земельными ресурсами (это, например, ведение пастбищного хозяйства, заготовка лесоматериалов и охрана природы).
Изменения в землепользовании – это изменение методов использования или управления земельными ресурсами людьми, которое может привести к изменению растительного покрова. Изменение растительного покрова и практики землепользования может сказаться на *альбедо* поверхности, *эвапотранспирации, источниках* и *поглотителях парниковых газов* или других свойствах *климатической системы* и, как следствие, оказывать *радиационное воздействие* и/или другое влияние на *климат* на местном или глобальном уровне. См. также Специальный доклад МГЭИК «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» (МГЭИК, 2000 г.).

И

Изменение климата (Climate change)
Изменение климата означает изменение состояния *климата*, которое может быть определено (например, с помощью статистических испытаний) через изменения в среднем значении и (или) изменчивость его свойств и которое сохраняется в течение длительного периода, обычно несколько десятилетий или больше. Изменение климата может быть вызвано естественными внутренними процессами или *внешними воздействиями*, а также устойчивыми *антропогенными* изменениями в составе *атмосферы* или в *землепользовании*. Следует иметь в виду, что в статье 1 *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата* (РКИКООН) *изменение климата* определяется следующим образом: « изменение климата, которое прямо или косвенно обусловлено деятельностью человека, вызывающей изменения в составе глобальной атмосферы, и накладывается на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов времени». Таким образом, РКИКООН проводит различие между изменением климата, обусловленным деятельностью человека, изменяющей состав атмосферы, и *изменчивостью климата*, обусловленной естественными причинами. См. также *Изменчивость климата; Обнаружение изменения и объяснение его причин*.

Изменение/повышение уровня моря (Sea level change/sea level rise)
Уровень моря может изменяться, как глобально, так и локально, вследствие (i) изменений формы бассейнов океанов; (ii) изменений общей массы воды; и (iii) изменений плотности воды. Факторы, приводящие к повышению уровня моря в условиях глобального потепления, включают как повышение общей массы воды от таяния снега и льда на материке, так и изменения плотности воды в результате повышения температуры воды океана и изменений солености.
Относительное повышение уровня моря происходит в случае локального повышения уровня океана по отношению к суше, что может быть обусловлено, вероятно, подъемом океана и/или оседанием суши. В районах, подверженных быстрому повышению уровня суши, относительный уровень моря может падать.

Изменчивость климата (Climate variability)
Изменчивость климата означает колебания среднего состояния и других статистических параметров (таких, как среднеквадратичные отклонения, наступление экстремальных явлений и т.п.) *климата* во всех пространственных и временных масштабах, помимо масштаба отдельных метеорологических явлений. Изменчивость может быть обусловлена естественными внутренними процессами в самой *климатической системе (внутренняя изменчивость)* или колебаниями естественного или *антропогенного внешнего воздействия*

(внешняя изменчивость). См. также *Изменение климата*.

Изостазия (Isostasy)
Изостазия означает форму вязкоупругой реакции литосферы и мантии на изменения поверхностной нагрузки. Когда нагрузка на литосферу и/или на мантию меняется в результате изменения массы наземного льда, массы океана, отложения осадков, эрозии или горообразования, происходит изостатическое выравнивание по вертикали для уравновешивания новой нагрузки.

Интрузия соленых вод (Saltwater intrusion)
Вытеснение пресных поверхностных или подземных вод в результате проникновения соленых вод в силу их большей плотности. Это обычно происходит в прибрежных и районах и в эстуариях вследствие уменьшения влияния с суши (например, либо из-за уменьшения *стока* и соответствующего пополнения подземных вод, либо из-за чрезмерного водозабора из водоносных слоев) или усиления влияния с моря (например, из-за *относительного повышения уровня моря*).

Инфекционная болезнь (Infectious disease)
Любая болезнь, вызываемая микробными возбудителями, которая может передаваться от одного человека другому или от животных человеку. Такая передача может происходить в результате прямого физического контакта, совместного пользования одним и тем же предметом, на который попала заразная микрофлора, через переносчиков болезней, зараженную воду или воздушно-капельным путем при кашле или выдыхании.

Инфраструктура (Infrastructure)
Основное оборудование, коммунальные сооружения, производственные предприятия, установки и службы, необходимые для создания, функционирования и роста какой-либо организации, города или страны.

Ископаемые виды топлива (Fossil fuels)
Углеродосодержащие виды топлива, добываемые из месторождений ископаемых углеводородов, включая уголь, торф, нефть и природный газ.

Испарение (Evaporation)
Процесс перехода из жидкого состояния в газообразное.

Источник (Source)
Источник означает главным образом любой процесс, вид деятельности или механизм, который выбрасывает в *атмосферу парниковый газ, аэрозоль* или прекурсор парникового газа или аэрозоля. Термин источник может также относиться, например, к источнику *энергии*.

Индекс Южного колебания (СОИ) (Southern Oscillation Index(SOI))
См. *Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО)*.

Истребление (Extirpation)
Исчезновение какого-либо вида в части его ареала; местное *вымирание*.

Исходные условия (Baseline)
Эталон для измеримых количественных показателей, относительно которого можно измерять альтернативный результат, например, *сценарий* невмешательства используется как эталон в анализе сценариев вмешательства.

К

Киотский протокол (Kyoto Protocol)
Киотский протокол к *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН)* был принят на третьей сессии Конференции Сторон (КС) РКИКООН в 1997 году в Киото. Он содержит подлежащие соблюдению юридические обязательства, в дополнение к тем, которые содержатся в РКИКООН. Страны, включенные в *Приложение В* к Протоколу (большинство стран-членов Организации экономического сотрудничества и развития и страны с переходной экономикой), согласились сократить свои *антропогенные выбросы парниковых газов* (*двуокись углерода, метан, закись азота*, гидрофторуглероды, перфторуглероды и шестифтористая сера) не менее чем на 5% по отношению к уровням 1990 года в течение периода действия обязательств с 2008 по 2012 гг. *Киотский протокол* вступил в силу 16 февраля 2005 г.

Климат (Climate)
Климат в узком смысле этого слова обычно определяется как “средний режим погоды” или, в более строгом смысле, как статистическое описание средней величины и изменчивости соответствующих количественных параметров в течение периода времени, который может варьироваться от нескольких месяцев до тысяч или миллионов лет. По определению Всемирной метеорологической организации (ВМО) классическим периодом для усреднения этих переменных считается 30 лет. Соответствующими количественными параметрами наиболее часто являются такие приземные переменные, как температура, осадки и ветер. В более широком смысле климат представляет собой состояние *климатической системы*, в том числе ее статистическое описание.

Климатическая модель (Climate model)
Численное описание *климатической системы* на основе физических, химических и биологических свойств ее компонентов, их взаимодействий и процессов *обратной связи*, причем с учетом всех или некоторых ее известных свойств. Климатическая система может быть описана с помощью моделей различной сложности – т.е. для каждого компонента или комбинации компонентов можно найти соответствующий спектр или иерархию моделей, отличающихся друг от друга в таких аспектах, как число пространственных параметров, степень точности описания физических, химических и биологических процессов или уровень эмпирических параметризаций. Модели общей циркуляции сопряженной системы атмосфера-океан (МОЦАО) дают представление климатической системы, которое по полноте приближается к верхней границе имеющегося на данный момент спектра. Имеет место тенденция к применению более сложных моделей с использованием интерактивной химии и биологии (см. РГI, глава 8). Модели климата применяются в качестве инструмента исследования и моделирования *климата*, а также для оперативных целей, в том числе для месячного, сезонного и межгодового предсказания климата.

Климатическая обратная связь (Climate feedback)
Если результат какого-либо первоначального процесса вызывает изменения во втором процессе, который, в свою очередь, воздействует на первоначальный процесс, то такой механизм взаимодействия между процессами, происходящими в *климатической системе*, называется климатической обратной связью. Положительная обратная связь усиливает первоначальный процесс, а отрицательная ослабляет его.

Климатическая система (Climate system)
Климатическая система представляет собой весьма сложную систему, состоящую из пяти основных компонентов: *атмосферы, гидросферы, криосферы*, поверхности суши и *биосферы*, и взаимодействий между ними. Климатическая система изменяется во времени под воздействием собственной внутренней динамики и в силу *внешних воздействий*, например, извержения вулканов, колебания режима солнечной радиации и *антропогенных* воздействий, таких, как изменение состава атмосферы и *изменения в землепользовании*.

Климатический сценарий (Climate scenario)
Вероятностное и зачастую упрощенное описание будущего *климата* на основе внутренне согласованного набора климатологических связей, которое подготовлено для непосредственного использования при исследовании потенциальных последствий *антропогенного изменения климата* и часто служит в качестве исходных данных для моделирования последствий. В качестве исходного материала для разработки климатических сценариев часто используются *проекции климата*, однако для климатических сценариев требуется, как правило, дополнительная информация, например данные наблюдений за текущим климатом. Сценарий изменения климата – это разница между климатическим сценарием и текущим климатом.

Кольцевые режимы (Annular modes)
Доминирующие модели изменений атмосферной циркуляции, соответствующие изменениям в западных ветрах средних широт, усредненных по зонам. *Северный кольцевой режим* смещен в сторону Северной Атлантики и тесно связан с *Североатлантическим колебанием. Южный кольцевой режим* наблюдается в Южном полушарии. Изменчивость западных ветров средних широт известна также как неустойчивость зональных течений (или ветров) и определяется через зональный индекс. [РГI, вставка 3.4.]

Комплексное использование водных ресурсов (КИВР) (Integrated water resources management (IWRM))
Преобладающая концепция водохозяйственной деятельности, которая, однако, однозначно не определена. КИВР основана на четырех принципах, сформулированных Международной конференцией по воде и окружающей среде (Дублин, 1992): 1) пресная вода – ограниченный и уязвимый ресурс, необходимый для сохранения жизни, развития и окружающей среды; 2) улучшение состояния водных ресурсов и управление ими должны опираться на совместные усилия пользователей, разработчиков планов и политиков на всех уровнях; 3) женщины играют главную роль в снабжении водой, управлении водными ресурсами и их защите; 4) вода имеет большую ценность для экономики во всех ее конкурирующих областях и должна признаваться экономическим благом.

Контрольный прогон (Control run)
Прогон модели, выполняемый для получения *«исходных условий»* для сравнения с результатами экспериментов по изменению климата. В контрольном прогоне используются постоянные значения *радиационного воздействия парниковых газов*, характерных для современных или *доиндустриальных* условий.

Коралл (Coral)
Термин *«коралл»* имеет несколько значений, но обычно это общее название отряда Scleractinia, все представители которого имеют жесткий известковый скелет и делятся на рифообразующие и нерифообразующие, или на холодноводные и тепловодные кораллы. См. *Коралловые рифы*.

Коралловые рифы (Coral reefs)
Скалоподобные известковые (*кальциево-карбонатные*) структуры, образованные *кораллами* вдоль океанского побережья (*окаймляющие рифы*) или на мелководных, находящихся под водой грядах или отмелях (*барьерные рифы, атоллы*), наиболее заметные в тропических и субтропических океанах.

Коренные народы (Indigenous peoples)
Принятого на международном уровне определения термина «коренные народы» не существует. Общие признаки, часто используемые в международном праве и учреждениями системы Организации Объединенных Наций для определения коренных народов, включают: проживание в географически определенных традиционных средах обитания или на наследственных территориях или привязанность к таким средам, территориям и их природным ресурсам; сохранение культурной и социальной самобытности, социальных, экономических, культурных и политических институтов отдельно от основных или доминирующих обществ и культур; народы, предки которых проживали в данном месте в большинстве случаев до того, как были созданы современные государства или территории и определены нынешние границы; и самоопределение в качестве части отдельной коренной культурной группы и желание сохранить эту культурную самобытность.

Косвенное воздействие аэрозолей (Indirect aerosol effect)
Аэрозоли могут являться причиной косвенного *радиационного воздействия* на *климатическую систему*, выполняя функцию облачных ядер конденсации или изменяя оптические свойства и время жизни облаков. Различают два вида косвенного воздействия:
Воздействие на альбедо облаков – радиационное воздействие, обусловленное повышением содержания аэрозолей *антропогенного* происхождения, которые являются причиной изначального увеличения концентрации капелек с фиксированным содержанием воды в жидкой фазе и уменьшения их размеров, что ведет к увеличению *альбедо* облаков.
Воздействие на время жизни облаков - воздействие,

обусловленное повышением содержания *аэрозолей антропогенного происхождения*, которые являются причиной уменьшения капелек, что снижает эффективность выпадения осадков и тем самым изменяет содержание воды в жидкой фазе, толщину облачного покрова и время жизни облаков. Помимо этих косвенных воздействий, *аэрозоли* могут оказывать полупрямое воздействие. Речь идет о поглощении солнечной радиации поглощающими аэрозолями, что приводит к нагреву воздуха и тенденции повышения статической устойчивости по отношению к поверхности. Это также может вызвать *испарение* облачных капель.

Косвенный показатель (Proxy)
Косвенный показатель *климата* – это локальные данные, путем толкования которых по физическим и биофизическим принципам формируется описание сочетания относящихся к климату вариаций за прошлые периоды времени. Относящиеся к климату данные, полученные таким путем, называют косвенными данными. Примеры косвенных показателей – результаты пыльцевого анализа, данные годичных колец, характеристики кораллов и разные данные, полученные из кернов льда.

Криосфера (Cryosphere)
Компонент *климатической системы*, состоящий из всего снега, льда и *мерзлого грунта* (в том числе *вечной мерзлоты*) на поверхности Земли и океана и под ней. См. также *Ледник; Ледовый щит*.

Л
Ла-Нинья (La Niña)
См. *Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО)*.

Ледник (Glacier)
Масса материкового льда, движущаяся вниз по склону под воздействием силы тяжести (в результате внутренней деформации и/или скольжения на основании) и удерживаемая внутренним напряжением и трением в основании и с боков. Ледник поддерживается за счет накопления снежной массы на больших высотах, уравновешиваемой за счет подтаивания на малых высотах или стекания в море. См. *Баланс массы*.

Ледниковое озеро (Glacial lake)
Озеро, создающееся за счет талой воды *ледника*, расположенное перед ледником (известное как *предледниковое озеро*), на поверхности ледника (*надледниковое озеро*), внутри ледника (*внутриледниковое озеро*) или на ложе ледника (*подледниковое озеро*).

Ледовая шапка (Ice cap)
Куполообразная масса льда, обычно покрывающая высокогорный участок, которая по своим размерам значительно меньше *ледового щита*.

Ледовый щит (Ice sheet)
Масса материкового льда, толщина которого достаточна для покрытия большей части рельефа коренной подстилающей породы, и таким образом его форма определяется, главным образом, его динамикой (ледяным потоком по мере его внутреннего деформирования и/или скольжения на его основании). Ледовый щит стекает с высокой части центрального ледового плато, поверхность которого имеет незначительный средний уклон. По краям уклон обычно более крутой, и лед большей частью сбрасывается через быстродвижущиеся ледяные потоки или выводные *ледники*, в некоторых случаях в море или на плавающие в море шельфовые ледники. В современном мире есть только три больших ледовых щита: один в Гренландии и два в Антарктиде – Восточный и Западный Антарктические ледовые щиты, разделенные Трансантарктическими горами. В ледниковые периоды были и другие ледовые щиты.

Лес (Forest)
Тип растительности, в которой доминирующий ярус образован деревьями. В мире существует множество определений термина «лес», отражающих широкое разнообразие биогеофизических условий, социальной структуры и экономики. Особые критерии применяются в рамках *Киотского протокола*. Анализ термина лес и связанных с ним терминов, таких, как *облесение, лесовозобновление* и *обезлесение* см. в Специальном докладе МГЭИК "Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство" (МГЭИК, 2000 г.).

Лесоводство (Silviculture)
Разведение *лесов* и уход за ними.

Лесовозобновление (Reforestation)
Насаждение *лесов* на землях, ранее находившихся под лесами, но отведенных для других видов использования. Анализ термина *лес* и связанных с ним терминов, таких, как *облесение*, *лесовозобновление* и *обезлесение*, см. в Специальном докладе МГЭИК "Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство" (МГЭИК, 2000 г.).

Линза пресной воды (Freshwater lens)
Чечевицеобразная масса подземной пресной воды, расположенная под океаническим островом. Под ней находится соленая вода.

Линия равновесия (Equilibrium line)
Граница между частью *ледника*, где имеет место чистый годовой расход массы льда (зоной абляции), и частью, где имеет место чистый годовой приход (зоной накопления). Высоту границы между ними называют *высотой зоны равновесия*.

Лихорадка денге (Dengue fever)
Инфекционная вирусная *болезнь*, переносимая комарами, которая зачастую называется костоломной лихорадкой из-за острой боли в суставах и спине. Повторное заражение вирусом инфекции может привести к геморрагической лихорадке денге (ГЛД) и к синдрому денге с развитием шока (СДШ), что может привести к летальному исходу.

М
Малый ледниковый период (МЛП) (Little Ice Age (LIA))
Промежуток приблизительно между 1400 и 1900 гг., в котором температуры в Северном полушарии были, как правило, более низкими, чем сейчас, особенно в Европе.

Малярия (Malaria)
Эндемическая или эпидемическая паразитарная болезнь, вызываемая видом *Plasmodium* (простейшие) и передающаяся человеку через комаров рода *Anopheles*; сопровождающаяся высокой температурой и общесистемными нарушениями; ежегодно поражает около 300 млн. и является причиной гибели около 2 млн человек в мире в год.

Менингит (Meningitis)
Воспаление части мозговой оболочки, обычно вызываемое бактериями, вирусами или грибками.

Мерзлый грунт (Frozen ground)
Почва или порода, в которой часть внутрипоровой воды или вся эта вода находится в замерзшем состоянии. Мерзлый грунт включает *вечную мерзлоту*. Грунт, который замерзает и оттаивает ежегодно, называют *сезонномерзлым грунтом*.

Меридиональная опрокидывающая циркуляция (МОЦ) (Meridional Overturning Circulation (MOC))
Зонально усредненная крупномасштабная меридиональная (север-юг) опрокидывающая циркуляция в океанах. В Атлантическом океане такая циркуляция переносит относительно теплые воды на поверхности океана в северном направлении, а относительно холодные глубинные воды – в южном направлении. *Гольфстрим* является частью такой Атлантической циркуляции.

Метан (CH_4) (Methane (CH_4))
Один из шести *парниковых газов*, выбросы которых подлежат сокращению в соответствии с *Киотским протоколом*. Основной компонент природного газа; связан со всеми видами углеводородного топлива, животноводством и сельским хозяйством. *Угольный метан* – это газ, содержащийся в угольных пластах.

Механизм чистого развития (МЧР) (Clean Development Mechanism (CDM))
Механизм чистого развития, определенный в статье 12 *Киотского протокола*, направлен на достижение следующих двух целей: 1) оказание помощи Сторонам, не включенным в *Приложение I*, в обеспечении *устойчивого развития* и содействии достижению конечной цели Конвенции; и 2) оказание помощи Сторонам, включенным в Приложение I, в обеспечении соблюдения взятых ими количественных обязательств по ограничению и сокращению выбросов. Единицы сертифицированного сокращения выбросов, полученные в результате осуществления проектов, отвечающих критериям механизма чистого развития, в странах, не включенных в Приложение I, которые приводят к ограничению или сокращению выбросов парниковых газов, могут приобретаться – после их сертификации оперативными органами, назначенными Конференцией Сторон/Совещанием Сторон, – инвестором (правительством или отраслью) у Сторон, включенных в *Приложение B*. Часть поступлений от сертифицированных видов деятельности по проектам используется на покрытие административных расходов, а также для оказания помощи Сторонам, являющимся развивающимися странами, которые особенно уязвимы для неблагоприятного воздействия *изменения климата*, в погашении расходов, связанных с *адаптацией*.

Модель общей циркуляции (МОЦ) (General Circulation Model (GCM))
См. *Модель климата*.

Морской лед (Sea ice)
Любая форма находящегося в море льда, который образовался вследствие замерзания морской воды. Морской лед может представлять собой прерывистые образования (*плавучие льдины*), перемещаемые по поверхности океана ветром и течениями (*паковый лед*), или неподвижный щит, прикрепленный к берегу (*припай*).

Муссон (Monsoon)
Тропическое и субтропическое сезонное изменение как направления приземных ветров, так и связанных с ними осадков, вызванное разной степенью прогрева континента и прилегающего к нему океана. Муссонные дожди идут над сушей главным образом летом.

Н

Накопитель (Reservoir)
Искусственный или естественный водоем, такой как озеро, пруд или *водоносный слой*, из которого может производиться забор воды для таких целей, как ирригация или водоснабжение.

Нелинейность (Non-linearity)
Процесс называется нелинейным в том случае, если причина и следствие не связаны простой пропорциональной зависимостью. В *климатической системе* наблюдается множество таких нелинейных процессов, в результате чего ее поведение может иметь весьма сложный характер.

Неопределенность (Uncertainty)
Выражение степени незнания какого-либо параметра (например, будущего состояния *климатической системы*). Неопределенность может быть обусловлена отсутствием информации или расхождением во мнениях относительно того, что известно или даже познаваемо. Источники неопределенности могут быть самые разные: от поддающихся количественному определению ошибок в данных до нечетко сформулированных концепций или терминологии или неопределенных *проекций* поведения людей. Поэтому неопределенность может быть выражена количественными единицами измерения, например, диапазоном значений, рассчитанных с помощью различных моделей, или суждениями в отношении качества, например, отражающими мнение группы экспертов. См. также *Вероятность; Достоверность.*

Неправительственная организация (НПО) (Non-governmental Organization (NGO))
Некоммерческая группа или ассоциация, организованная за пределами институцианализированных политических структур для достижения конкретных социальных и/или экологических целей или обслуживания определенных групп населения.

Нефтеносные пески и нефтеносные сланцы (Oil sands and oil shale)
Несцементированные пористые пески, песчаники и

сланцы, содержащие битуминозный материал, который можно добывать и превращать в жидкое топливо.

О

Обезлесение (Deforestation)

Превращение леса в нелесные угодья. Анализ термина *лес* и связанных с ним терминов, таких, как *облесение, лесовозобновление* и обезлесение, см. в Специальном докладе МГЭИК «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» (МГЭИК, 2000 г.).

Облесение (Afforestation)

Посадка новых лесов на землях, которые ранее не находились под лесами (по крайней мере 50 лет). Анализ термина *лес* и связанных с ним терминов, таких как облесение, *лесовозобновление* и *обезлесение* см. в Докладе МГЭИК "Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство" (МГЭИК, 2000 г.).

Обнаружение изменения и установление его причин (Detection and attribution)

Климат постоянно варьируется во всех временных масштабах. ***Обнаружение*** *изменения климата* представляет собой процесс подтверждения того, что в некотором определенном статистическом смысле климат изменился, не указывая при этом причину такого изменения. ***Установление*** причин изменения климата представляет собой процесс определения наиболее вероятных факторов, обусловивших обнаруженное изменение, с определенной степенью *достоверности*.

Обогащение углекислым газом (CO_2) (Carbon dioxide (CO_2) enrichment)

См. *Углекислый газ как удобрение (CO_2).*

Обратная связь (Feedback)

См. *Климатическая обратная связь.*

Озон (O_3) (Ozone(O_3))

Озон - трехатомная разновидность кислорода, - представляет собой газообразный компонент в составе *атмосферы*. В *тропосфере* он образуется как естественным путем, так и в результате фотохимических реакций с участием газов, являющихся продуктом деятельности человека (смог). Тропосферный озон действует как *парниковый газ*. В *стратосфере* озон образуется в результате взаимодействия солнечного ультрафиолетового излучения с молекулярным кислородом (O_2). Стратосферный озон играет доминирующую роль в радиационном балансе стратосферы. Его концентрация достигает наибольшего значения в озоновом слое.

Омбротрофное болото (Ombrotrophic bog)

Кислотное *водно-болотное угодье*, в котором накапливается *торф* и которое подпитывается дождями (а не подземными водами) и поэтому особенно бедно питательными веществами.

Оползень (Landslide)

Масса грунта, которая сползает вниз по склону под действием собственного веса, зачастую в результате насыщения грунта водой; быстрое движение вниз по склону массы почвы, скальных пород или обломков горной породы.

Опустынивание (Desertification)

Деградация земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая климатические колебания и деятельность человека. Кроме того, Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием (КБООН) определяет деградацию земель как снижение или потерю биологической или экономической продуктивности и сложной структуры богарных пахотных земель, орошаемых пахотных земель или пастбищ, лесов и лесистых участков в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате землепользования или действия одного или нескольких процессов, в том числе связанных с деятельностью человека и структурами расселения, таких, как 1) *эрозия* почв, вызванная ветром и/или водой; 2) ухудшение физических, химических и биологических или экономических свойств почв и; 3) долгосрочная потеря естественного растительного покрова.

П

pH

Безразмерный показатель кислотности воды (или любого раствора). Чистая вода имеет pH=7. Кислотные растворы имеют pH менее 7, а щелочные растворы имеют pH более 7. Измеряется по логарифмической шкале. Таким образом, снижение pH на одну единицу соответствует десятикратному повышению кислотности.

Парниковый газ (ПГ) (Greenhouse gas (GHG))

К парниковым газам относятся те газовые составляющие *атмосферы*, как естественного, так и *антропогенного* происхождения, которые поглощают и излучают волны определенной длины в диапазоне теплового инфракрасного излучения, испускаемого поверхностью Земли, самой атмосферой и облаками. Это свойство порождает *парниковый эффект*. Основные парниковые газы в атмосфере Земли – водяной пар (H_2O), *углекислый газ* (CO_2), *закись азота* (N_2O), *метан* (CH_4) и *озон* (O_3). Кроме того, в атмосфере содержится еще целый ряд парниковых газов полностью антропогенного происхождения, таких как галоидоуглеводороды и другие хлор- и бромсодержащие вещества, подпадающие под действие Монреальского протокола. Помимо CO_2, N_2O, и CH_4, под действие *Киотского протокола* подпадают такие парниковые газы, как шестифтористая сера (SF_6), гидрофторуглероды (ГФУ) и перфторуглероды (ПФУ).

Парниковый эффект (Greenhouse effect)

Парниковые газы эффективно поглощают тепловое инфракрасное излучение, испускаемое поверхностью Земли, самой *атмосферой*, что обусловлено теми же парниковыми газами, и облаками. Атмосферная радиация излучается во все стороны, в том числе и по направлению к поверхности Земли. Вследствие этого парниковые газы поглощают тепло, которое содержится в системе "*поверхность-тропосфера*". Этот процесс называется *парниковым эффектом*. Тепловая инфракрасная радиация в тропосфере сильно зависит от температуры на той высоте, на которой она излучается. В тропосфере температура, как правило, понижается с увеличением высоты. Фактически, инфракрасное излучение испускается в космическое пространство на

высоте, на которой температура составляет в среднем –19°C, и уравновешивает чистую поступающую солнечную радиацию, тогда как температура на поверхности Земли гораздо выше, в среднем +14°C. Повышение концентрации парниковых газов ведет к увеличению непроницаемости атмосферы для инфракрасных лучей и, как следствие, к эффективному излучению в космос, начиная с большей высоты при более низкой температуре. Это вызывает *радиационное воздействие*, которое приводит к усилению парникового эффекта – так называемому усиленному парниковому эффекту.

Пастбищные угодья (Rangeland)
Необработанные луга, местность, покрытая кустарником, *саванны* и *тундра*.

Первичная продукция (Primary production)
Все виды продукции, являющиеся результатом жизнедеятельности растений, которые также называются первичными продуцентами. См. *Валовая первичная продукция, Чистая первичная продукция* и *Чистая продукция экосистемы.*

Переносчик (Vector)
Организм, например, насекомое, которое передает патоген от одного носителя другому.

Пищевая сеть (Food web)
Сеть *трофических взаимосвязей* в рамках *экологического сообщества*, состоящая из нескольких взаимосвязанных *пищевых цепей.*

Пищевая цепь (Food chain)
Цепь *трофических взаимосвязей*, образующаяся в том случае, если несколько видов питаются друг другом. См. *Пищевая сеть.*

Планктон (Plankton)
Микроорганизмы, живущие в верхних слоях водных систем. Различают *фитопланктон*, который получает энергию путем фотосинтеза, и *зоопланктон*, питающийся фитопланктоном.

Поглотитель (Sink)
Любой процесс, вид деятельности или механизм, который удаляет *парниковый газ, аэрозоль* или прекурсор парникового газа либо аэрозоля из *атмосферы*.

Поглощение (Sequestration)
Хранение углерода в наземных или морских *накопителях*. *Биологическое накопление* включает непосредственное удаление углекислого газа из атмосферы в результате изменений в *землепользовании, облесения, лесовозобновления*, хранения углерода на *свалках* и методов, которые повышают содержание углерода в почве в ходе сельскохозяйственных работ.

Поглощение углерода (Carbon sequestration)
Поглощение углеродсодержащих веществ, в частности, *углекислого газа.* См. *Поглощение.*

Пограничный слой (Boundary layer)
См. Пограничный слой атмосферы.

Пограничный слой атмосферы (Atmospheric boundary layer)
Слой атмосферы, прилегающий к поверхности Земли, на который действует сила трение об эту пограничную поверхность и, возможно, перенос тепла и других факторов по этой поверхности (AMS, 2000). Около 10 нижних метров пограничного слоя, где преобладает механическое формирование турбулентности, называется *приземным пограничным* слоем или *приземным слоем*.

Политика (Policies)
В соответствии с терминологией *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН)* «политика» означает действия, которые могут быть предприняты и/или предписаны правительством – зачастую совместно с деловыми и промышленными кругами в своей стране или совместно с другими странами – в целях ускоренного применения мер по *смягчению воздействий* и *адаптации.* Примеры политики – налоги на углерод или другие налоги на энергию, унифицированные стандарты на топливную экономичность для автомобилей и т.п. *Общая и согласованная или унифицированная политика* означает политику, принятую Сторонами на *совместной* основе.

Полузасушливые регионы (Semi-arid regions)
Регионы с умеренно низким количеством осадков, которые не являются высокопродуктивными и которые обычно классифицируются как *пастбищные угодья*. «Умеренно низким» принято считать количество осадков от 100 до 250 мм в год. См. также *Засушливый регион*.

Пополнение подземных вод (Groundwater recharge)
Процесс, посредством которого вода извне добавляется в зону насыщения *водоносного слоя*, либо прямо, либо через другую формацию.

Последствия (изменения климата) ((Climate change) Impacts)
Воздействия *изменения климата* на естественные и *антропогенные системы.* В зависимости от того, под каким углом зрения рассматривается *адаптация*, можно различить потенциальные и остаточные последствия.

- *Потенциальные последствия:* все последствия, которые могут иметь место в случае реализации данной проекции изменения климата, без учета *адаптации.*
- *Остаточные последствия:* последствия изменения климата, которые имели бы место после *адаптации.*

См. также *Последствия рыночных факторов* и *Последствия нерыночных факторов.*

Порог (Threshold)
Порядок величины системного процесса, при котором происходит резкое или быстрое изменение. Точка или уровень, при котором у экологической, экономической или иной системы появляются новые свойства, делая недействительными прогнозы, основанные на математических зависимостях, которые действуют на более низких уровнях.

Почвенная влага (Soil moisture)
Вода, которая содержится в почве или на ее поверхности и которая может *испаряться.*

Прибрежный (Riparian)
Относящийся к берегу естественного водотока (например, реки) или, иногда, озера либо полосы приливов, а также живущий или расположенный в таком месте.

Проекция (Projection)
Проекция представляет собой потенциальное будущее изменение количественного показателя или совокупности количественных показателей, зачастую рассчитываемых с помощью модели. Между проекциями и предсказаниями проводится различие с целью подчеркнуть, что проекции основаны на допущениях относительно, например, будущего социально-экономического и технологического развития, которое может произойти или не произойти, и в этой связи характеризуются существенной *неопределенностью*. См. также *Проекция климата.*

Проекция климата (Climate projection)
Проекция реакции *климатической системы* на *сценарии выбросов* или концентраций *парниковых газов* и *аэрозолей*, либо на сценарии *радиационного воздействия*, которые часто строятся на данных моделирования с помощью *моделей климата*. Между проекциями климата и предсказаниями климата проводится различие с целью подчеркнуть, что проекции климата зависят от использованных сценариев выбросов/концентраций/радиационного воздействия, которые строятся на допущениях относительно, например, будущего социально-экономического и технологического развития, которое может произойти или не произойти, и в этой связи характеризуется существенной *неопределенностью*.

Продовольственная безопасность (Food security)
Ситуация, при которой люди имеют надежный доступ к достаточному количеству безопасного и питательного продовольствия для нормального роста, развития, активной и здоровой жизни. *Отсутствие продовольственной безопасности* может быть вызвано недоступностью продовольствия, недостаточной покупательной способностью, ненадлежащим распределением, неадекватным использованием продовольствия на уровне домохозяйств.

Промывка (Leaching)
Удаление элементов почвы или использованных химикатов посредством инфильтрации воды через почву.

Пространственные и временные масштабы (Spatial and temporal scales)
Климат может варьироваться в очень широких пространственных и временных масштабах. *Пространственные масштабы* могут варьироваться от местных (менее 100 тыс. км^2) до региональных (от 100 тыс. до 10 млн. км^2) и континентальных (от 10 до 100 млн. км^2). *Временные масштабы* могут варьироваться от сезонных до геологических (до сотен миллионов лет).

Процентиль (Percentile)
Значение на шкале от нуля до ста, которое показывает процентную долю значений набора данных, равных данному значению или меньше его. С помощью процентиля часто оцениваются экстремумы распределения. Например, 90-й (10-й) процентиль может использоваться для обозначения порога верхних (нижних) экстремумов.

Пустыня (Desert)
Район с очень малым количеством осадков, где «очень малое», как правило, составляет менее 100 мм в год.

Путь развития (Development path or pathway)
Эволюция на основе совокупности технологических, экономических, социальных, институциональных, культурных и биофизических характеристик, которые определяют взаимодействие между естественными и *антропогенными системами*, включая модели производства и потребления во всех странах в конкретном временном масштабе. *Альтернативные пути развития* означают другие возможные направления развития, причем продолжение существующих тенденций является только одним из многих путей.

Р

Радиационное воздействие (Radiative forcing)
Радиационное воздействие представляет собой изменение чистого – нисходящий минус восходящий – потока излучения на единицу площади (выражается в ваттах на квадратный метр, Вт/м2) в тропопаузе в результате изменения внешнего фактора, обуславливающего *изменение климата*, например вследствие изменения концентрации *углекислого газа* или потока энергии Солнца. Радиационное воздействие рассчитывается при фиксированных (невозмущенных) значениях всех характеристик *тропосферы*, причем после того, как *стратосферные* температуры, если они возмущены, восстановятся до радиационно-динамического равновесия. Радиационное воздействие называется *мгновенным*, если любое изменение стратосферной температуры не учитывается. Для целей настоящего Технического документа радиационное воздействие определено также как изменение по сравнению с 1750 г. и, если иного не указано, соответствует глобальному и среднегодовому значению.

Рамочная конвенция об изменении климата (Framework Convention on Climate Change)
См. *Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН).*

Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН) (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC))
Конвенция была принята 9 мая 1992 г. в Нью-Йорке и подписана в ходе Встречи на высшем уровне «Планета Земля» в Рио-де-Жанейро в 1992 г. более чем 150 странами и Европейским сообществом. Ее конечная цель заключается в «стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему». Она содержит обязательства для всех Сторон Конвенции. В соответствии с Конвенцией, Стороны, включенные в *Приложение I* (все страны, являющиеся членами ОЭСР на 1990 г. и страны с переходной экономикой), стремятся к 2000 г. вернуться к тем уровням выбросов *парниковых газов*, не контролируемых Монреальским протоколом, которые существовали в 1990 г. Конвенция вступила в силу в марте 1994 г. См. *Киотский протокол*.

Регион (Region)
Территория, характеризующаяся конкретными географическими и климатологическими особенностями. На *климат* региона влияют воздействия регионального и локального масштаба, такие как топография, характеристики *землепользования*, озера и т.д., а также незначительные воздействия других регионов.

Режим (Regime)
Режим – это предпочтительное состояние *климатической системы*, часто представляющее одну фазу доминирующих систем или моделей изменчивости климата.

Режим возмущения (Disturbance regime)
Частота, сила и виды возмущений, таких, как пожары, нашествия насекомых или вредителей, наводнения и *засухи*.

Резкое изменение климата (Abrupt climate change)
Нелинейность *климатической системы* может привести к резкому *изменению климата*, иногда называемому *быстрым изменением климата, внезапными* или *даже неожиданными явлениями*. Термин *резкое* часто относится к ускоренным временным масштабам, по сравнению с временным масштабом воздействия, *вызвавшего изменение*. Вместе с тем, не все резкие изменения климата обязательно вызваны внешним воздействием. Было предложено считать, что некоторые из таких возможных внезапных явлений включают существенную перестройку термохалинной циркуляции, быстрое отступание ледников, обширное таяние *вечной мерзлоты* или усиление почвенного дыхания, что ведет к быстрым изменениям в *углеродном цикле*. Другие явления могут оказаться совершенно неожиданными вследствие сильного, быстро меняющегося воздействия нелинейной системы.

Реконструкция (Reconstruction)
Использование показателей *климата* для содействия определению климата (как правило, имевшего место в прошлом).

Речной сток (Streamflow)
Поток воды в русле реки, выраженный, например, в $м^3/с$. Синоним термина расход воды в реке.

Саванна (Savanna)
Тропические или субтропические луговые или лесные *биомы* с редкими кустарниками, отдельными деревьями либо с очень разреженным древесным пологом в районах, отличающихся сухим (засушливым, полузасушливым или полувлажным) *климатом*.

Свалка (Landfill)
Свалка – это место для удаления твердых отходов, где отходы размещаются ниже уровня земли, на уровне земли или выше уровня земли. Ограничено специально оборудованными площадками с покровными материалами, контролируемым размещением отходов и удалением жидкостей и газов. Неконтролируемое размещение отходов исключено.

Североатлантическое колебание (САК) (North Atlantic Oscillation (NAO))
Североатлантическое колебание заключается в противоположных по знаку изменениях барометрического давления у берегов Исландии и Азорских островов. Поэтому оно соответствует колебаниям силы главных западных ветров, направленных через Атлантику в Европу, и, следовательно, колебаниям сопутствующих циклонов с их соответствующими фронтальными системами. См. РГI, вставка 3.4.

Северотихоокеанский индекс (СТИ) (North Pacific Index (NPI))
СТИ представляет собой аномалию алеутского минимума среднего давления на уровне моря над заливом Аляска (30° с. ш. - 65° с. ш., 160° в. д. - 140° в. д.). Это индекс *Тихоокеанского декадного колебания* (также известного как *Тихоокеанское междекадное колебание*). Дополнительную информацию см. РГI, вставка 3.4.

Сезонномерзлый грунт (Seasonally frozen ground)
См. *Мерзлый грунт.*

Скрытый поток тепла (Latent heat flux)
Поток тепла с поверхности Земли в *атмосферу*, связанный с испарением или конденсацией водяного пара на поверхности; компонент поверхностного энергетического баланса.

Смертность (Mortality)
Количество смертей в группе населения; расчет смертности производится с учетом показателей смертности, характерных для конкретных возрастных групп, и может использоваться для определения средней продолжительности жизни и количества случаев преждевременной смерти.

Смягчение воздействий (на изменение климата) (Mitigation)
Меры по изменению и замещению технологий, которые сокращают затраты ресурсов и выбросы на единицу продукции. Хотя сокращение выбросов обеспечивается разными мерами в области социальной, экономической и технической политики, по отношению к *изменению климата* смягчение воздействий означает проведение политики по сокращению выбросов *парниковых газов* и совершенствованию их *поглотителей*.

Снежный покров (Snow pack)
Сезонное накопление медленно тающего снега.

CO_2
См. *Углекислый газ.*

CO_2 как удобрение (CO_2-fertilization)
См. *Углекислый газ как удобрение.*

Сочный (Succulent)
Сочные растения, например, кактусы, имеющие органы, в которых хранится вода, что способствует выживанию в условиях *засухи*.

Способность к адаптации (Adaptive capacity)
Совокупность возможностей, ресурсов и учреждений страны или региона по осуществлению действенных мер по *адаптации*.

Среда обитания (Habitat)
Место или естественный район обитания, в котором живет данное растение, животное или группа тесно связанных организмов.

Сток (Runoff)
Та часть осадков, которая не испаряется и не просачивается, а течет по поверхности суши и возвращается в водные объекты. См. *Гидрологический цикл.*

Страны, включенные в Приложение I (Annex I countries)
Группа стран, включенных в Приложение I (с изменениями, внесенными в 1998 году) к *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН)*, в том числе все страны–члены ОЭСР по состоянию на 1990 г. и страны с переходной экономикой. Согласно пунктам 2 (a) и 2 (b) статьи 4 Конвенции, страны, включенные в Приложение I, взяли на себя конкретные обязательства по достижению цели возвращения к 2000 г. на индивидуальной или совместной основе к уровням антропогенных выбросов *парниковых газов* 1990 г. Соответственно все другие неуказанные страны относятся к группе *стран, не включенных в Приложение I.*

Страны, включенные в Приложение II (Annex II countries)
Группа стран, включенных в Приложение II к *Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН)*, в том числе все страны-члены ОЭСР по состоянию на 1990 г. В соответствии с пунктом 2 (g) статьи 4 Конвенции, ожидается, что эти страны должны предоставлять финансовые ресурсы в целях оказания помощи развивающимся странам в соблюдении ими своих обязательств, например в подготовке национальных докладов. Ожидается, что страны, включенные в Приложение II, также должны содействовать передаче развивающимся странам экологически безопасных технологий.

Страны, включенные в Приложение B (Annex B countries)
Группа стран, включенных в Приложение B к *Киотскому протоколу*, которые согласились на соответствующее целевое сокращение своих выбросов парниковых газов, в т. ч. все *страны, включенные в Приложение I* (с изменениями, внесенными в 1998 году), за исключением Турции и Беларуси. См. *Киотский протокол.*

C_3-растения (C_3 plants)
Растения, которые вырабатывают трехуглеродное соединение в процессе *фотосинтеза*, в том числе большинство деревьев и сельскохозяйственных культур, таких как рис, пшеница, соя, картофель и овощи.

C_4-растения (C_4 plants)
Растения, которые вырабатывают четырехуглеродное соединение в процессе *фотосинтеза*, главным образом растения тропического происхождения, включая травы и такие важные сельскохозяйственные культуры, как маис, сахарный тростник, просо и сорго.

Стратосфера (Stratosphere)
Сильно стратифицированная область *атмосферы*, расположенная выше *тропосферы* на высоте от 10 км (в среднем от 9 км в высоких широтах до 16 км в тропиках) до 50 км.

Субсидия (Subsidy)
Непосредственная выплата государством соответствующему субъекту деятельности или предоставление ему налоговой льготы за применение того или иного вида практики, которую оно намерено поощрять. Снижение *выбросов парниковых газов* стимулируется путем уменьшения существующих субсидий, способствующих повышению выбросов (например, субсидий на использование ископаемого топлива) или путем предоставления субсидий на те виды практики, которые приводят к сокращению выбросов или совершенствованию поглотителей (например, на улучшение теплоизоляции зданий или посадку деревьев).

Сценарий (Scenario)
Вероятностное и часто упрощенное описание возможных путей будущего развития на основе согласованного и внутренне последовательного набора допущений в отношении движущих сил и ключевых взаимосвязей. Сценарии могут разрабатываться на основе *проекций*, однако часто они основаны на дополнительной информации из других источников, иногда в сочетании с повествовательной сюжетной линией. См. также *Сценарии СДСВ; Климатический сценарий; Сценарии выбросов.*

Сценарий выбросов (Emission scenario)
Вероятностное описание будущего изменения режима выбросов веществ, которые потенциально являются радиационно активными (например, *парниковых газов, аэрозолей*), на основе согласованного и внутренне связанного набора допущений в отношении движущих сил (например, демографического и социально-экономического развития, технического прогресса) и их ключевых взаимосвязей. *Сценарии концентраций*, разработанные на основе сценариев выбросов, используются в качестве исходных данных *климатической модели* для расчета *проекций климата*. См. *Сценарии СДСВ.*

Сценарии СДСВ (SRES scenarios)
Сценарии СДСВ представляют собой *сценарии выбросов*, разработчиками которых являются Накиченович и Суарт (Nakićenović and Swart (2000)) и которые используются, среди прочего, в качестве основы для некоторых *проекций климата*, представленных в Четвертом докладе об оценке МГЭИК. Для лучшего понимания структуры и использования совокупности сценариев СДСВ ниже приводятся соответствующие термины:
Сценарная семья – сценарии, для которых характерна похожая сюжетная линия демографических, социальных, экономических и технических изменений. Совокупность сценариев СДСВ образуют четыре сценарных семьи: A1, A2, B1 и B2.
Иллюстративный сценарий – сценарий, который иллюстрирует каждую из шести групп сценариев, изложенных в «Резюме для политиков» (Nakićenović and Swart, 2000). Они включают четыре пересмотренных «сигнальных сценария» для групп сценариев A1B, A2, B1, B2 и двух дополнительных сценариев для групп A1FI и

A1T. Все эти группы сценариев в одинаковой степени обоснованы.
Сигнальный сценарий – сценарий, который изначально был помещен в предварительном варианте на вебсайт СДСВ в качестве репрезентативного для данной сценарной семьи. В основу выбора сигнальных сценариев был положен критерий наиболее полного отражения первоначальных требований в данной сюжетной линии и особенностей конкретных моделей. Сигнальные сценарии не отличаются от других сценариев большей степенью вероятности, однако группа, которая разрабатывала сценарии СДСВ, считает, что они иллюстрируют конкретную сюжетную линию. Они включены в пересмотренном варианте публикации Накиченовича и Суарта (2000 г.). Эти сценарии были самым тщательным образом проанализированы всей группой разработчиков, а также в рамках открытого процесса обсуждения СДСВ. Были также отобраны сценарии для иллюстрации двух других групп сценариев.
Сюжетная линия – описательное изложение сценария (или сценарной семьи) с выделением основных характеристик сценария, взаимосвязей между основными движущими силами и динамики их изменения.

Сценарии IS92
См. *Сценарии выбросов.*

Сюжетная линия (Storyline)
Описательное изложение сценария (или сценарной семьи) с выделением основных характеристик сценария, взаимосвязей между основными движущими силами и динамики их изменений.

Тайга (Taiga)
Самый северный пояс *бореального леса*, смежный с арктической *тундрой*.

Температура поверхности моря (ТПМ) (Sea surface temperature (SST))
Температура поверхности моря – это подповерхностная объемная температура в верхних нескольких метрах океана, измеренная судами, стационарными и дрейфующими буями. Измерения проб воды из ведер на судах в 1940-е годы практически полностью сменились измерениями проб из водозаборников двигателей. Используются также спутниковые измерения температуры поверхностного слоя (самой верхней фракции толщиной в миллиметр) в инфракрасной или верхней сантиметровой части микроволнового диапазона, однако их необходимо корректировать для совместимости с объемной температурой.

Тепловое расширение (Thermal expansion)
В связи с *повышением уровня моря* это означает увеличение объема (и уменьшение плотности) в результате нагревания воды. Потепление океана ведет к увеличению его объема и, как следствие, к повышению уровня моря. См. *Изменение уровня моря.*

Термоклин (Thermocline)
Область в мировом океане, обычно на глубине 1 км, в которой температура быстро падает с глубиной и которая является границей между поверхностью и океаном.

Термокарст (Thermokarst)
Неровный рельеф с большим количеством неглубоких провалов почвы, холмов и впадин, часто заполненных водой (озера), который образуется в результате вытаивания материкового льда или *вечной мерзлоты*. Термокарстовые процессы – это процессы, обусловленные потеплением, которые ведут к образованию термокарста.

Термохалинная циркуляция (ТХЦ) (Thermohaline circulation (THC))
Крупномасштабная циркуляция океанских вод вследствие перепада плотности, вызванного неоднородностью распределения температур и солености. В северной части Атлантического океана термохалинная циркуляция обусловлена движением теплых поверхностных вод на север и холодных глубинных вод на юг, что приводит к чистому переносу тепла в направлении полюса. Поверхностная вода уходит вниз в весьма ограниченных районах погружения, расположенных в высоких широтах. Термин ТХЦ часто используется как синоним термина *меридиональная опрокидывающая циркуляция* (МОЦ).

Технический углерод (Black carbon)
Вид *аэрозоля*, оперативно определенный на основе измерения коэффициента поглощения света и химической активности и/или температурной устойчивости; состоит из сажи, древесного угля и/или, в соответствующих случаях, светопоглощающего огнеупорного органического вещества.

Технология (Technology)
Практическое применение знаний для решения конкретных задач, при котором используются как технические артефакты (аппаратные средства, оборудование), так и информация (общественная) («программное обеспечение», производственное ноу-хау, использование артефактов).

Тихоокеанское декадное колебание (ТДК) (Pacific Decadal Oscillation (PDO))
Также известно как Тихоокеанское междекадное колебание (ВТК). См. *Северотихоокеанский индекс [РГI, вставка 3.4]*

Тихоокеанское междекадное колебание (ТМК) (Interdecadal Pacific Oscillation (IPO))
Известно также как *Тихоокеанское декадное колебание* (ТДК). См. *Северотихоокеанский индекс* [Более подробно см. РГ I, вставка 3.4.]

Тихоокеанско-североамериканская модель (ТСМ) (Pacific-North American (PNA) pattern)
Атмосферная крупномасштабная волновая модель, включающая последовательность тропосферных аномалий высокого и низкого давления и простирающаяся от субтропической западной части Тихого океана до восточного побережья Северной Америки. [РГI, вставка 3.4].

Топи (Mires)
Водно-болотные угодья, в которых накапливается *торф.* См. *Болото.*

Торф (Peat)
Торф образуется из мертвых растений, обычно из белых

торфяных мхов, которые разлагаются только частично вследствие их постоянной погруженности в воду и наличия консервирующих веществ, таких как гуминовые кислоты.

Торфяник (Peatland)
Обычно *водно-болотное угодье*, например, *топь*, в котором медленно накапливается *торф.*

Траектории движения штормов (Storm tracks)
Изначально этот термин обозначал траектории отдельных циклонических погодных систем, но сейчас его часто обобщают и используют для обозначения *регионов*, где проходят основные траектории внетропических возмущений вследствие областей низкого (циклонического) и высокого (антициклонического) давления.

Травянистый (Herbaceous)
Цветущий, недревесный.

Трансмиссивные болезни (Vector-borne diseases)
Болезни, которые передаются между носителями организмом-переносчиком (таким как комар или клещ); например, *малярия, лихорадка денге* и лейшманиоз.

Транспирация (Transpiration)
Испарение водяного пара с поверхности листьев через поры. См. *Эвапотранспирация.*

Тренд (Trend)
В настоящем Техническом докладе слово *тренд* означает изменение значения переменной, как правило, однообразное во времени.

Тропосфера (Troposphere)
Самая нижняя часть *атмосферы*, простирающаяся от поверхности Земли на высоту приблизительно 10 км в средних широтах (в пределах от 9 км в высоких широтах до 16 км, в среднем, в тропиках), где образуются облака и формируются метеорологические явления. В тропосфере температура обычно снижается с высотой.

Трофическая связь (Trophic relationship)
Экологическая связь, которая возникает, когда один вид питается другим.

Тундра (Tundra)
Безлесная ровная или слабо волнистая равнина, характерная для арктических и субарктических регионов, для которых типичны низкие температуры и короткий вегетационный период.

У

Углекислый газ (CO_2) (Carbon dioxide (CO_2))
Газ естественного происхождения, а также побочный продукт сгорания ископаемых видов топлива из ископаемых углеродистых отложений, таких как нефть, газ и уголь, сжигания *биомассы* и изменений в *землепользовании*, а также других промышленных процессов. Он является основным *антропогенным парниковым газом*, влияющим на радиационный баланс Земли. Это эталонный газ, по которому измеряются другие парниковые газы, и поэтому его *потенциал глобального потепления* равен 1.

Углекислый газ (CO_2) как удобрение (Carbon dioxide fertilization (CO_2))
Ускорение роста растений в результате повышения концентрации *углекислого газа* (CO_2) в атмосфере. Некоторые виды растений, в зависимости от их механизма *фотосинтеза*, более чувствительны к изменению концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере.

Углеродный цикл (Carbon cycle)
Термин, используемый для описания потока углерода (в различных формах, например, в форме *углекислого газа*) через *атмосферу*, океан, земную *биосферу* и литосферу.

Улавливание и хранение (двуокиси) углерода (УХУ) (Carbon (dioxide) capture and storage (CCS))
Процесс, состоящий из отделения *двуокиси углерода* от промышленных и связанных с энергией источников, транспортирования в место хранения и последующей долговременной изоляции от *атмосферы.*

Уменьшение масштаба (Downscaling)
Уменьшение масштаба – это метод выведения информации локального-регионального масштаба (10-100 км) из более крупномасштабных моделей или анализа более крупномасштабных данных. Различают два основных метода: *динамическое уменьшение масштаба* и *эмпирическое/статистическое уменьшение масштаба.* При динамическом методе используются выходные данные региональных *моделей климата*, глобальных моделей с переменным пространственным разрешением или глобальных моделей с высоким разрешением. При эмпирических/статистических методах разрабатываются статистические зависимости, которые связывают крупномасштабные атмосферные переменные с местными/региональными переменными климата. Во всех случаях качество результата, полученного путем уменьшения масштаба, зависит от качества базовой модели.

Управление (Governance)
Понимание термина «правление» за последние десятилетия изменилось в результате социальных, экономических и технических перемен. Имеет место соответствующий переход от понятия «правление», определенного строго в рамках концепции «страна-государство», к более всеобъемлющей концепции «управления» вследствие признания вклада различных уровней управления (глобального, международного, регионального, местного) и роли частного сектора, неправительственных субъектов и гражданского общества.

Урбанизация (Urbanisation)
Отвод земли, находящейся в естественном состоянии или в регулируемом естественном состоянии (как, например, в случае сельского хозяйства), под города; процесс, обусловленный чистой миграцией населения из сельской местности в города, в результате которой все большее число людей в любой стране или регионе переезжает жить в населенные пункты, определяемые как "*городские центры*".

Установление причин (Attribution)
См. *Обнаружение изменения и установление его причин.*

Устойчивое развитие (Sustainable development)
Развитие, которое удовлетворяет культурным, социальным, политическим и экономическим нуждам нынешнего поколения, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные нужды.

Устойчивость (Resilience)
Способность общественной или экологической системы противостоять нарушающим ее работу воздействиям, сохраняя при этом ту же самую базовую структуру и способы функционирования, способность к самоорганизации и способность адаптироваться к стрессу и изменениям.

Уязвимость (Vulnerability)
Уязвимость – это степень, в которой данная система подвержена неблагоприятному воздействию в результате *изменения климата* и не способна противостоять неблагоприятным последствиям изменения климата, включая *изменчивость климата* и экстремальные климатические явления. Уязвимость зависит от характера, порядка величины и скорости изменения климата, а также от того изменения, которому подвержена система, ее *чувствительности* и *способности к адаптации.*

Ф
Фенология (Phenology)
Наука о явлениях природы, которые происходят периодически в биологических системах (например, стадии развития, миграция), и их связи с *климатическими* и сезонными изменениями.

Фотосинтез (Photosynthesis)
Процесс усвоения зелеными растениями, водорослями и некоторыми бактериями *углекислого газа*, содержащегося в воздухе (или бикарбоната в воде), с образованием углеводов. Есть несколько механизмов фотосинтеза с различной реакцией на концентрации углекислого газа в атмосфере. См. также *Углекислый газ как удобрение.*

Х
Холера (Cholera)
Передающаяся через воду желудочно-кишечная инфекция, которая вызывается бактерией (холерный вибрион) и характеризуется частым водянистым стулом, резкими приступами боли в брюшной полости и возможным летальным исходом в результате обезвоживания организма и шока.

Ц
Цели развития, сформулированные в Декларации тысячелетия (МДГ) (Millennium Development Goals (MDG))
Совокупность определенных по срокам и измеримых целей по борьбе с бедностью, голодом, болезнями, неграмотностью, дискриминацией в отношении женщин и ухудшением качества окружающей среды, согласованных на Саммите тысячелетия ООН в 2000 г.

«Цветение» воды (Algal bloom)
Бурное размножение водорослей в озере, реке или океане.

Циркуляция Гадлея (Hadley Circulation)
Прямая термически обусловленная опрокидывающая ячейка в *атмосфере*, предполагающая движение воздуха к полюсам в верхних слоях *тропосферы*, его опускание в субтропических антициклонах, обратный поток в составе пассатов вблизи поверхности и воздуха вблизи экватора в так называемой Внутритропической зоне конвергенции.

Ч
Чистая первичная продукция (ЧПП) (Net primary production (NPP))
Чистая продукция экосистемы – это валовая первичная продукция за вычетом автотрофного *дыхания*, т.е. суммы метаболических процессов роста и развития растений на данной площади.

Чистая продукция экосистемы (ЧПЭ) (Net ecosystem production (NEP))
Чистая продукция экосистемы – это разница между *чистой первичной продукцией (ЧПП)* и *гетеротрофным дыханием* (главным образом разложением мертвого органического вещества) данной *экосистемы* на данной территории.

Чувствительность (Sensitivity)
Чувствительность представляет собой степень, в которой на данной системе неблагоприятным или благоприятным образом сказывается *изменчивость климата* или *изменение климата*. Это воздействие может быть прямым (например, изменение урожайности в ответ на изменение средней величины, диапазона или изменчивости температуры) или косвенным (например, ущерб, вызванный увеличением частоты затопления прибрежных районов в результате *повышения уровня моря*).

Ш
Шельфовый ледник (Ice shelf)
Плавучая ледовая плита значительной толщины, простирающаяся от берега (обычно большой протяженности по горизонтали с ровной или слегка наклонной поверхностью), часто являющаяся направленным к морю продолжением *ледовых щитов*. Почти все шельфовые ледники находятся в Антарктиде.

Штормовой нагон (Storm surge)
Временное повышение в конкретном месте уровня моря в результате экстремальных метеорологических условий (низкое атмосферное давление и/или сильные ветры). Штормовой нагон определяется как превышение того уровня, который ожидается в данное время и в данном месте только из-за приливного изменения.

Э
Эвапотранспирация (Evapotranspiration)
Комбинированный процесс испарения воды с поверхности Земли и транспирации растительности.

Эвтрофикация (Eutrophication)
Процесс обогащения водоема (зачастую мелкого) (под воздействием естественных факторов или загрязнения) растворенными питательными элементами в условиях сезонного дефицита растворенного кислорода.

Эквивалент уровня моря (ЭУМ) (Sea level equivalent (SLE))
Изменение глобального среднего уровня моря, которое произошло бы, если бы данное количество воды или льда было добавлено в океаны или удалено из океанов.

Экологическое сообщество (Ecological community)
Сообщество растений и животных, характеризуемое типичной совокупностью видов и их численности. См. также *Экосистема*.

Экосистема (Ecosystem)
Система живых организмов, взаимодействующих друг с другом и их физической средой. Границы того, что может называться экосистемой, являются в некоторой степени произвольными и зависят от направленности интереса или исследования. Таким образом, пространство, занимаемое экосистемой, может простираться от очень небольших пространственных масштабов до, в конечном счете, всей Земли.

Экстремальное метеорологическое явление (Extreme weather event)
Экстремальное метеорологическое явление представляет собой событие, редкое в конкретном месте и в конкретное время года. Определение термина «редкое» варьируется, однако экстремальное метеорологическое явление обычно бывает таким же редким, как 10-й или 90-й процентиль наблюдаемой функции распределения вероятностей, или реже. По определению, характеристики того, что называют *экстремальной погодой*, в абсолютном смысле могут варьироваться в зависимости от конкретного места. Одиночные экстремальные явления не могут быть просто и непосредственно объяснены *антропогенным изменением климата*, поскольку всегда есть какой-то шанс на то, что данное явление, возможно, произошло естественным путем. Если характер экстремальной погоды сохраняется некоторое время, например, в течение времени года, то его можно классифицировать как *экстремальное климатическое явление*, особенно если оно дает среднее или общее значение, которое само является экстремальным (например, *засуха* или сильные дождевые осадки в течение времени года).

Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО) (El Niño-Southern Oscillation (ENSO))
Термин *Эль-Ниньо* изначально использовался для описания теплого течения, которое периодически проходит вдоль побережья Эквадора и Перу, нарушая местный рыбный промысел. С тех пор его связывают с потеплением всего бассейна в тропической части Тихого океана к востоку от линии смены дат. Это океанское явление связано с флуктуацией режима приземного давления глобального масштаба в тропических и субтропических районах, называемой *Южным колебанием*. Это явление в сопряженной системе *атмосфера-океан*, преобладающий временной масштаб которого составляет от двух до почти семи лет, собирательно известно под названием Эль-Ниньо/Южное колебание или ЭНСО. Его часто измеряют разницей аномалий приземного давления между Дарвином и Таити, а также температурой поверхности моря в центральной и восточной экваториальных частях Тихого океана. Во время явления ЭНСО преобладающие пассаты слабеют, уменьшая апвеллинг и изменяя океанические течения, поэтому температура поверхности моря повышается, еще более ослабляя пассаты. Это явление существенно влияет на ветер, температуру поверхности моря и характер осадков в тропической части Тихого океана. Его климатическое воздействие ощущается в пределах всего *региона* Тихого океана и во многих других частях земного шара из-за глобальных корреляционных связей. Холодная фаза ЭНСО называется *Ла-Ниньей*.

Эндемический (Endemic)
Ограниченный конкретной местностью или районом или специфический для них. Что касается здоровья людей, то термин “эндемический” может относиться к болезни или возбудителю, присутствующему или, как правило, всегда распространенному среди данной группы населения или в данном географическом районе.

Энергия (Energy)
Количество выполненной работы или отданного тепла. Энергия делится на целый ряд видов и становится полезной для нужд человека, когда она передается из одного места в другое или преобразуется из одного вида в другой. *Первичная энергия* (ее также называют *источниками энергии*) – это энергия, заключенная в природных ресурсах (например, уголь, сырая нефть, природный газ, уран), которая не подверглась никакому антропогенному преобразованию. Эта первичная энергия должна быть преобразована и доставлена, чтобы стать *полезной энергией* (например, свет). *Возобновляемую энергию* получают из непрерывных или повторяющихся потоков энергии, имеющих место в естественной среде; и она включает безуглеродные технологии, такие как использование солнечной энергии, гидроэнергии, энергии ветра, приливов, волн, геотермального тепла, а также углероднейтральных технологий, например использование биомассы. *Материализованная энергия* – это энергия, используемая для создания материального вещества (такого, как обработанные металлы или строительные материалы), при этом учитывается энергия, потребленная на промышленном предприятии (нулевой порядок), энергия, потребленная для производства материалов, используемых на промышленном предприятии (первый порядок), и т.д.

Эпидемический (Epidemic)
Внезапно возникающее явление, характеризуемое показателями распространения, значительно превышающими обычно предполагаемые; особенно это относится к *инфекционным болезням*, но может относиться к любой болезни, травме или другому относящемуся к здоровью событию, происходящему при таких вспышках.

Эрозия (Erosion)
Процесс удаления и переноса почвы и горной породы под воздействием выветривания, в результате выноса массы и под действием водных потоков, *ледников*, волн, ветра и грунтовых вод.

Эффективность водопользования (Water-use efficiency)
Прирост абсорбции углерода в результате *фотосинтеза*

на единицу количества воды, потерянной в *результате эвапотранспирации*. Она может быть выражена на кратковременной основе в виде соотношения между приростом абсорбированного углерода в процессе фотосинтеза и единицей транспирационной потери воды или, на сезонной основе, в виде соотношения *между чистой первичной продукцией* или урожаем сельскохозяйственной продукции и объемом имеющегося запаса воды.

Эффективность водопользования для ирригации (Irrigation water-use efficiency)

Эффективность водопользования для ирригации – это количество *биомассы* или семян, полученное на единицу количества воды, использованной для ирригации, как правило приблизительно 1 тонна сухого вещества на 100 мм использованной воды.

Ссылки

AMS, 2000: *AMS Glossary of Meteorology*, 2nd Edition. American Meteorological Society, Boston, MA. http://amsglossary.allenpress.com/glossary/browse.

Heim, R.R., 2002: A review of twentieth century drought indices used in the United States. *Bull. Am. Meteorol.* Soc, 83, 1149- 1165.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change), 2000: Land Use, *Land-Use Change and Forestry*, R. T. Watson, I. R. Noble, B. Bolin, N. H. Ravindranath, D. J. Verardo and D. J. Dokken, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 375 pp.

IUCN, 1980: *The World Conservation Strategy: living resource conservation for sustainable development.* IUCN/UNEP/WWF, Gland.

Nakicenovic, N. and R. Swart, Eds., 2000: *Special Report on Emissions Scenarios.* Cambridge University Press, 599 pp.

ПРИЛОЖЕНИЕ III: Сокращения, химические формулы, единицы измерений

III.1 Сокращения и химические формулы

АМК	Атлантическое мультидекадное колебание
АСИА	Оценка воздействия на климат Арктики
ВВП	Валовой внутренний продукт
ВНП	Валовой национальный продукт
ВДО	Второй доклад об оценке (МГЭИК)
ВИЧ	Вирус иммунодефицита человека
ВКП	Всемирная климатическая программа
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
ВЭС	Водный эквивалент снега
ГЛОФ	Затопление в результате прорывов горных озер
ГСИКД	Глобальная сеть исторических климатологических данных
ГПКО	Глобальный проект по климатологии осадков
ГЦКО	Глобальный центр климатологии осадков
ДМ	Дополнительный материал
ДО4	Четвертый доклад об оценке (МГЭИК)
ДЯФ	Декабрь, январь, февраль
ИИА	Июнь, июль, август
ИИАСА	Международный институт прикладного системного анализа
ИИЗП	Индекс интенсивности засухи Палмера
ИП	Индекс пригодности
ЗИЗЛХ	Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство
ЕС	Европейский Союз
МАРА/АРМ	Картирование риска малярии в Африке/Атлас риска малярии в Африке
МДГ	Цели развития, сформулированные в Декларации тысячелетия
МЛП	Малый ледниковый период
МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
МОЦ	Модель общей циркуляции
МОЦ	Меридиональная опрокидывающая циркуляция
МОЦАО	Модели общей циркуляции системы атмосфера-океан
МСОП	Международный союз охраны природы и природных ресурсов (Всемирный союз охраны природы)
МЧР	Механизм чистого развития
НДР	Народная демократическая республика
НАСА	Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства
N_2O	Закись азота
НПО	Неправительственная организация
ОД	Обобщающий доклад (Четвертой оценки МГЭИК)
ОЛО	Облесение, лесовозобновление и обезлесивание
ОКИ	Отдел климатических исследований
ООН	Организация Объединенных Наций
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
ПВБ	План водной безопасности
ПГ	Парниковый(е) газ(ы)
ПДО	Первый доклад об оценке (МГЭИК)
ПРЕК/Л	Восстановление осадков над сушей
ПРООН	Программа развития Организации Объединенных Наций
pH	См. Глоссарий, статья pH
ppm	Частиц на миллион, см. Приложение III.2
ПХБ	Полихлорбифенилы
РГI	Рабочая группа I (МГЭИК)
РГII	Рабочая группа II (МГЭИК)
РГIII	Рабочая группа III (МГЭИК)
РКИКООН	Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата
РП	Резюме для политиков
Р	Резюме
СИДС	Малые островные развивающиеся государства
СПИД	Синдром приобретенного иммунодефицита
САК	Североатлантическое колебание
СДСВ	Специальный доклад по сценариям выбросов
СК	Соединенное Королевство
СКР	Северный кольцевой режим
СО	Стандартное отклонение
СОИ	Индекс южного колебания
СО2	Углекислый газ, см. Глоссарий
СН4	Метан, см. Глоссарий
СП	Северное полушарие
США	Соединенные Штаты Америки
ТДК	Тихоокеанское декадное колебание
ТДО	Третий доклад об оценке (МГЭИК)

ТМК	Тихоокеанское междекадное колебание
ТПМ	Температура поверхности моря
ТР	Техническое резюме
ТСМ	Тихоокеанско-североамериканская модель
ТЮМ	Тихоокеанско-южноамериканская модель
УХУ	Улавливание и хранение углерода
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
ЦВВ	Цветение воды, вызванное массовым развитием вредных водорослей
ЧЗВ	Часто задаваемые вопросы
ЭКЛАК	Экономическая комиссия для Латинской Америки и Карибского бассейна
ЭНСО	Эль-Ниньо/Южное колебание
ЭРОС	Наблюдения и наука о ресурсах Земли
ЭУМ	Эквивалент уровня моря
ЮКР	Южный кольцевой режим
ЮНИСЕФ	Детский фонд Организации Объединенных Наций
ЮТЗК	Южнотихоокеанская зона конвергенции

III.2 Единицы измерений

Единицы SI (Международная система)

Физическая величина	*Название единицы*	*Условное обозначение*
длина	метр	м
масса	килограмм	кг
время	секунда	с
термодинамическая температура	градусы Кельвина	K
энергия	джоуль	Дж

Доли и множители

Доля	*Приставка*	*Условное обозначение*	*Множитель*	*Приставка*	*Условное обозначение*
10^{-1}	деци	д	10	дека	да
10^{-2}	санти	с	10^{2}	гекто	г
10^{-3}	милли	m	10^{3}	кило	к
10^{-6}	микро	мк	10^{6}	мега	М
10^{-9}	нано	н	10^{9}	гига	Г
10^{-12}	пико	п	10^{12}	тера	Т
10^{-15}	фемто	ф	10^{15}	пета	П
10^{-18}	атто	а	10^{18}	экса	Е

Другие единицы (не SI), величины и соответствующие сокращения

°C	градус Цельсия (0°C = 273 K, приблизительно); разницы температур также часто даются в °C (=K), а не в более корректной форме – «градусы Цельсия»
ppm	состав смеси (как мера концентрации ПГ): частиц на миллион (10^{6}) по объему
ватт	мощность или поток излучения; 1 Вт = 1 Дж/с = 1 кг $м^2/с^3$
г	год

ПРИЛОЖЕНИЕ IV: Список авторов

Арнелл, Найджел
Институт климатических системных исследований Уокера, Редингский Университет
СК

Арбластер, Юлия
Национальный центр атмосферных исследований, США,
и Бюро метеорологии, Австралия

Беттс, Ричард
Метеорологическая служба, Центр Гадлея
СК

Бэйтс, Брайсон
КСИРО
Австралия

Беркет, Вирджиния
Геологическая служба США
США

Уилбэнкс, Том
Оукриджская национальная лаборатория
США

У, Саохон
Институт географических наук и исследований природных ресурсов,
Китайская академия наук
Китай

Вуд, Ричард
Метеорологическая служба, Центр Гадлея
СК

Гвари, Даниель
Университет Майдугури
Нигерия

Дай, Айгуо
Национальный центр атмосферных исследований
США

Хименес, Бланка Елена
Национальный автономный университет Мексики
Мексика

Долл, Петра
Университет Франкфурта
Германия

Казер, Георг
Университет Инсбрука
Австрия

Кито, Акио
Японское метеорологическое агентство
Япония

Ковац, Сари
Лондонская школа гигиены и тропической медицины
СК

Кумар, Пушпам
Ливерпульский университет
СК

Кундцевич, Збигнев
Польская академия наук, Польша, и
Потсдамский институт исследований последствий изменения климата, Германия

Магадза, Кристофер Х.Д.
Университет Зимбабве
Зимбабве

Мартино, Даниель
Карбосур
Уругвай

Мата, Луис Хосе
Центр исследований в области развития Север-Юг
Германия/Венесуэла

Медани, Махмуд
Центральная лаборатория сельскохозяйственной климатологии
Египет

Миллер, Кэтлин
Национальный центр атмосферных исследований
США

Милли, Кристофер
Геологическая служба США
США

Морч, Линда
Служба окружающей среды Канады
Канада

Нерз, Леонард
Университет Вест-Индии, Кейв хил кампус
Барбадос

Оки, Тайкан
Университет Токио
Япония

Осман, Балгис
Высший совет по окружающей среде и природным ресурсам
Судан

Палютикоф, Жанна
Метеорологическая служба, Центр Гадлея
СК

Пейн, Ричард
Департамент сельского хозяйства и продовольствия Западной Австралии
Австралия

Пинксвар, Ивона
Польская академия наук
Польша

Прауз, Терри
Служба окружающей среды Канады и университет Виктория
Канада

Пулварти, Рождер
Центр диагностики климата НУОА-ОИНОС
США/ Тринадад и Табаго

Райсанен, Джоуни
Университет Хельсинки
Финляндия

Ренвик, Джеймс
Национальный институт водных проблем и атмосферных исследований
Новая Зеландия

Тубьелло, Франческо Никола
Колумбийский университет
США/ИИАС/Италия

Хэнсон, Клэр
Метеорологическая служба, Центр Гадлея
СК

Хей, БертЯн
Бергонда сайенс комьюникейшн
Нидерланды

Цая, Цунци
Китайская метеорологическая администрация
Китай

ПРИЛОЖЕНИЕ V: Список рецензентов

Андрессен, Ригоберто
Университет Лос Андес
Венесуэла

Асанума, Джун
Университет Цукуба
Япония

Бандиопадхайа, Джаянта
Индийский институт управления
Индия

Байоуми, Аттиа
Министерство водных ресурсов и орошения
Египет

Бергштром, Стен
Шведский метеорологический и гидрологический институт
Швеция

Бернштайн, Леонард
Международная ассоциация нефтяной промышленности по сохранению окружающей среды
СК

Бидегайн, Марио
Уругвай

Бояриу, Роксана
Национальная метеорологическая администрация
Румыния

Бюнг-бок, Йин
Корпорация рационального природопользования
Республика Корея

ван Валсум, Пол
Вагенингенский университет и исследовательский центр
Нидерланды

Войцех, Маевски
Институт метеорологии и водного хозяйства
Польша

Врат, Дэвид
Национальный институт водных проблем и атмосферных исследований
Новая Зеландия

Вурзлер, Сабина
Государственное агентство по охране природы, окружающей среды и потребительских прав Северного Рейна - Вестфалии
Германия

Галларт, Франческо
ИНИС
Испания

Гертен, Дитер
Потсдамский институт исследований последствий изменения климата
Германия

де Лое, Роб
Университет Гуэлф
Канада

Диас Морехон, Кристобел Феликс
Министерство науки, технологии и окружающей среды
Куба

Джиллетт, Натан
Университет Восточной Англии
СК

Джеффри, Пол
Университет Крэнфилда
СК

Джэкоб, Даниела
Метеорологический институт Макса Планка
Германия

Джэкобс, Катарина
Аризонский университет
США

Рен, Гойю
Национальный климатический центр
Китай

Жузель, Жан
Институт Пьера-Симона Лапласа
Франция

Кадайя, Юри
Эстонский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Эстония

Казер, Георг
Университет Инсбрука
Австрия

Кимбалл, Брюс
Министерство сельского хозяйства США
США

Кнутсон, Томас
Принстонский Университет
США

Комен, Гербранд
Королевский нидерландский метеорологический институт
Нидерланды

Котвики, Винсент
Кувейтский институт научных исследований
Кувейт

Лал, Мурари
Центр анализа климата, энергетики и устойчивого развития
Индия

Лапин, Милан
Университет Комениус
Словакия

Леон, Алехандро
Университет Чили

Лю, Чунцен
Министерство водных ресурсов
Китай

Марес, Константин
Румынская академия технических наук
Румыния

Марес, Илеана
Румынская академия технических наук
Румыния

Мариотти, Аннарита
ENEA
Италия

Моргеншвайс, Герд
Управление водных ресурсов
Германия

Миллер, Ларс
Климатическая стратегия
Европейский Союз (Германия)

Нйие, Момоду
Блюголден солушнз
Гамбия

Нода, Акира
Центр передовых исследований по глобальным изменениям
Япония

Парри, Мартин
Сопредседатель Рабочей группы II МГЭИК
СК

Рагаб, Рагаб
Центр по экологии и гидрологии
СК

Робок, Элан
Университет Ратджерса
США

Рой, Рене
Уранос, Консорциум по изменению климата
Канада

Савар, Мартин М.Министерство природных ресурсов Канады
Канада

Сен, Зекай
Стамбульский технический университет
Турция

Сорушян, Соруш
Калифорнийский университет, Ирвайн
США

Табет Аул, Махи
Исследовательский центр социальной и культурной антропологии
Алжир

Тренберт, Кевин
Национальный центр атмосферных исследований
США

Фобил, Юлиус
Университет Ганы, Легон
Гана

Фолланд, Крис
Метеорологическая служба, Центр Гадлея
СК

Хатфильд, Джерри
Министерство сельского хозяйства США
США

Хинзо, Эктор
Министерство внешних связей
Аргентина

Цао, Цунци
Китайская метеорологическая администрация
Китай

Шервуд, Стив
Йельский университет
США

Шим, Кио-мун
Национальный институт сельскохозяйственных наук и технологии
Южная Корея

Шиппер, Лиза
Чулалонгкорнский университет
Таиланд

Шолгай, Ян
Словакский технологический университет
Словакия

Эльгизули, Исмаил
Высший совет по окружающей среде и природным ресурсам
Судан

Яби, Ибурайма
LECREDE/DGAT/FLASH/UAC
Республика Бенин

ПРИЛОЖЕНИЕ VI: РАЗРЕШЕНИЯ НА ПУБЛИКАЦИЮ

Разрешения на публикацию были предоставлены следующими обладателями авторских прав:

Рисунок 3.2: Воспроизводится с любезного разрешения Петры Долл.

Рисунок 3.3: Воспроизводится из: Lehner, B. and Co-authors, 2005: Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated assessment. Climatic Change, 75, 273-299, © Springer Science and Business Media.

Рисунок 4.1(a): Fischer, G. and Co-authors, 2002: Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century: methodology and results. Research Report RR-02-02. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria. Воспроизводится с любезного разрешения IIASA.

Рисунок 5.1: Воспроизводится с любезного разрешения Macmillan Publishers Ltd [Nature]: O'Reilly, CM. and Coauthors, 2003: Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. Nature, 424, 766-768. Copyright 2003.

Рисунок 5.3: Hemp, A., 2005: Climate change-driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro. Glob. Change Biol, 11, 1013-1023. Воспроизводится с разрешения Blackwell Publishing Ltd.

Рисунок 5.4: Arnell, N.W., 2006b: Climate change and water resources: a global perspective. Avoiding Dangerous Climate Change, H.J. Schellnhuber, W. Cramer, N. Nakicenovic, T. Wigley and G. Yohe, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 167-175. Воспроизводится с разрешения Cambridge University Press.

Рисунок 5.8(a): Haylock, M.R. and Co-authors, 2006: Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. J. Climate, 19, 1490-1512. Воспроизводится с разрешения Американского метеорологического общества.

Рисунок 5.8(b): Aguilar, E. and Co-authors, 2005: Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. J. Geophys. Res., 110, D23107, doi:10.1029/2005JD006119. Copyright (2005)_ Американский геофизический союз. Воспроизводится с разрешения Американского геофизического союза

Рисунок 5.12: Smith, L.C. and Co-authors, 2005: Disappearing Arctic lakes. Science, 308, 1429. Воспроизводится с разрешения Американской ассоциации содействия развитию науки.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Примечание: Номера страниц, выделенные жирным шрифтом, обозначают, в пределах каких страниц находится глава целиком. Номера страниц курсивом указывают, на каких страницах помещены таблицы, рисунки и вставки.

А

Австралия и Новая Зеландия, 99-102, 143
- адаптация и уязвимость, 54, 102
- засухи, 40, 72
- подземные воды, 38
- инфраструктура, 143
- наблюдаемые изменения, 99
- осадки, 15, 63
- проекции изменений, 100, 143

Адаптация, 4, 52-56
- автономная, 52, 69
- примеры, 54
- границы, 53
- смягчение последствий, потенциальные конфликты, 137
- планируемая, 52, 53, 69
- варианты, ориентированные на спрос и на предложение, 52, 53
- последствия для устойчивого развития, 145
- уменьшение уязвимости, 53
- *См. также* Смягчение последствий

Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие, 139-146
- Африка, 54, 90
- сельское хозяйство, 68-74
- Азия, 97-99
- Австралия и Новая Зеландия, 54, 101-103
- экономика, страхование, туризм, промышленность и транспорт, 82
- Европа, 54, 105-106
- здоровье человека, 76
- Латинская Америка, 54, 111-112, 111
- Северная Америка, 54, 114-115
- полярные регионы, 54, 120
- населенные пункты и инфраструктура, 81
- малые острова, 54, 121, 122-123
- водоснабжение и санитария, 78-80

Азия, 93-99
- адаптация и уязвимость, 54, 97-99
- паводки, 39, 95
- ледники, 95, 144
- озера и реки, 38
- наблюдаемые воздействия, 93-95
- осадки, 15, 26
- проекции воздействий и уязвимости, 95-96, 143
- сток, 21, 31, 49-50
- обеспечение водой, 47, 144

Альпийские экосистемы, 62

Аквакультура, 72

Африка, 87-93, 143-144
- адаптация и уязвимость, 54, 93
- текущие наблюдения, 87-89, 87-88
- лесные экосистемы, 64
- Килиманджаро, 90
- озера и реки, 38, 143
- стратегии адаптации в скотоводстве, 70
- осадки, 15, 26, 63
- проекции изменений, 88-93, 143-144
- сток, 31-32, 37
- уязвимости, 72, 143

Аэрозольные процессы, 15

Б

Биогеохимические обратные связи, 25

Биоразнообразие, 59, 143
- Африка, 88, 93
- Азия, 96
- Австралия и Новая Зеландия, 99-100
- Европа, 105
- Латинская Америка, 106-107, 110
- Северная Америка, 113
- полярные регионы, 118
- малые острова, 123

Биотехнология, 71
Биотопливо, 72
Биоэнергетические сельскохозяйственные культуры, 4, 129-133
Битуминозные пески, 130, 135
Будущие потребности в исследованиях, 4, 147-151

В
Взаимосвязь климата и гидрологического цикла, 24-25
выбросы и поглотители, 25
воздействия на поверхность суши, 24
циркуляция океана, 25
Вечная мерзлота
См. Мерзлый грунт, Лед
Влажность почвы
обратные связи, 24
наблюдаемые изменения, 22
проекции изменений, 29, 31
Водно-болотные угодья, 60-61, 132
Водные ресурсы
адаптация, обзор, 52-56
управление, 79, 141
связанные с климатом факторы, 25-33
конфликты, потенциальные, 137
обратная связь с климатом, 24-25
наиболее уязвимые районы и сектора , 51
важность, 7
связь с изменением климата, 35-56
меры по смягчению последствий (*см.* Смягчение последствий)
несвязанные с климатом факторы, 8, 10, 47, 48
наблюдаемые воздействия изменения климата, 37-40
проекции воздействий изменения климата, 40-51
резюме, 3-4
неопределенности в проекциях воздействий, 51-52
См. также Уязвимости, Водные ресурсы: региональные аспекты *и конкретные водные ресурсы*
Водные ресурсы: региональные аспекты
Африка, 83, 89-90
Азия, 94-97
Австралия и Новая Зеландия, 100
Европа, 102-104
Латинская Америка, 105, 108
Северная Америка, 112-115
малые острова, 121
Водный стресс
Африка, 91, 143
определение, 8
Европа, 144
будущие воздействия изменения климата, 48
Латинская Америка, 105, 107, 110, 144
карта, 9
на малых островах, 144
уязвимость и, 8
Водопользование
наблюдаемые изменения, 8-9
проекции изменений, 46-47, 67
Водоснабжение и санитария, 76-80
адаптация, уязвимость и устойчивое развитие, 4, 78-81
наблюдения, 76, 77
проекции, 77-78
Водяной пар
наблюдаемые изменения, 16, 18-19
проекции изменений, 26-27, 30
Воздействия на поверхность суши, 24-25
Волны тепла
европейская (2003 г.), 41
наблюдаемые изменения, 15, 41, 65
проекции изменений, 25, 27, 103
Выбросы парникового газа (ПГ)
от плотин гидроэлектростанций, 4, 135, 136, 144
политика в области управления водными ресурсами и, 135, 136
Вымирание, 59, 60-61, 93, 101, 144
См. также Биоразнообразие

Г
Геотермальная энергия, 130, 131
выбросы парниковых газов, 136, 137
Гидрологический цикл
допущения с учетом прошлого опыта, 4
обратная связь с климатом, 15, 24-25
проекции изменений, 34, 25-33, 41-51
неопределенности и, 25-26
изменчивость, 15
См. также Гидрология, *статьи по воде*
Гидрология
наблюдаемые изменения, 37-38

проекции изменений, 41-51
проекции воздействий на экосистемы и биоразнообразие, 59-63
Гидроэнергетика, 50, 130, 131, 149
Африка, 88
Европа, 50, 143
выбросы парниковых газов, 4, 135, 136, 144
инфраструктура, 81
Северная Америка, 50
См. также Плотины, Энергия
Голод, 63
См. также Наличие продовольствия/ продовольственная безопасность
Горные экосистемы, 62

Д
Дальние корреляционные связи, 31
Дельты, Проекции воздействий, 61, 107, 142
Динамика двуокиси углерода и воды, 65
См. также Выбросы парникового газа (ПГ)
Доверительные уровни
См. Неопределенность

Е
Египет
сельское хозяйство, 92-93
Европа, 102-105, 144
адаптация и уязвимость, 54, 105-106
засухи, 40, 104-105
наводнения, оценки ущерба, 50
волна тепла 2003 г., 40
горные экосистемы, 62
наблюдаемые изменения, 103
осадки, 26, 45, 63
проекции изменений, 31, 45, 102-104, 144
сток, 22-23, 31, 37, 48, 144
районы, подверженные водному стрессу, 144

Ж
Животноводство, 67, 69

З
Заболевания, передаваемые через воду, 75, 77, 88, 113
Запашка остатков, 136-137
Засоление
прибрежных вод, 63
подземных вод, 3, 46, 76
См. также Опреснение
Засушливые и полузасушливые районы
наблюдаемые изменения, 40
проекции изменений, 68, 141, 142
уязвимость, 3, 141
См. также Засухи
Засушливые районы
См. Засушливые и полузасушливые районы
Засухи
частота 100-летних засух по проекциям, 45
здоровье человека и, 73
наблюдаемые изменения, 39, 40, 41
проекции изменений, 28-29, 43-44, 44-45, 141
См. также конкретные регионы
Затраты и социально-экономические аспекты, 49-51, 82-83
Землепользование, 64-65
адаптация, 70
биоэнергетические сельскохозяйственные культуры и, 129
Земноводные
Здания, 82, 130, 131
Здоровье
См. Здоровье человека
Здоровье человека, 73-76
адаптация, уязвимость и устойчивое развитие, 76
Африка, 88-89, 90
Австралия и Новая Зеландия, 100
Европа, 105
Латинская Америка, 105-106, 108-110
Северная Америка, 114
наблюдения, 76
проекции, 76, 143
малые острова, 123
качество воды и, 72

И
Изменение климата, 13-32
обострение других стрессов, 4, 145
установление причин, 15, 16, 17
воздействия на устойчивое развитие, 51, 139-146
воздействия на водные ресурсы, 37-51, 51, 139-146
меры по смягчению последствий (*см.* Смягчение последствий)

См. также Связь изменения климата и водных ресурсов
Изменение климата и водные ресурсы, 5-11
общие сведения, масштабы и контекст, 7-11
связанные с климатом движущие силы пресноводных систем, 25-32, 41-47
связь изменения климата и водных ресурсов, 35-56
отрицательные воздействия в сравнении с выгодами, глобальные, 3, 141
наблюдаемые изменения, 8-9, 37-40
проекции изменений, 40-48
проекции воздействий по регионам, 87-126, 143-144
проекции воздействий по секторам, 63-82, 141-142
проекции воздействий по системам, 59-60
резюме, 1-4
Изменения и управление в землепользовании, 130, 131-132
Инфраструктура, 4, 81-82, 142

К
Кампилобациллярный энтерит, 75
Карибский, 26
См. также Малые острова
Качество воды
адаптация и, 78-79
питьевая вода, 48, 74, 79
колебания стока и, 77-78
микрозагрязнители, 10
меры смягчения последствий и, 130
наблюдаемые изменения, 9, 47-48
проекции изменений, 3, 10, 47, 72, 77-79
температура и, 78
Качество питьевой воды, 48, 73-74, 77
Килиманджаро, гора, 90
Климат
комплексность реагирования, 15
обратная связь с гидрологическим циклом, 15, 24-25
модели (см. Климатические модели)
наблюдаемые изменения, 16-24
проекции изменений, 25-32
изменчивость, крупномасштабные режимы, 23-24, 32
Климатические модели 3, 25-32, 51
мультимодельные
вероятностные подходы, 27-28, 51
потребности в наблюдениях, 149
проекции, 25-32, 149-150
сценарии/сюжетные линии, 9-10, 25
Колорадо, бассейн реки, 56, 115
Колумбия, бассейн реки, 116
Кольцевые режимы, 23-24, 32
Комплексное использование водных ресурсов (КИВР), 47, 55, 137
Криосфера
наблюдаемые изменения, 3, 20-21, 37
проекции изменений, 28-29
Криптоспоридиоз, 75, 78

Л
Латинская Америка, 105-112, 144
адаптация и уязвимость, 54, 110-112, 111
ледники, 37, 107, 109, 143-144
наблюдаемые изменения, 105-107, 106
адаптации во времена до Колумба, 111
осадки, 16, 106-107
проекции изменений, 107-109, 144
сток, 22, 23, 31, 36
водный стресс, 105, 107, 109, 144
Лед
наблюдаемые изменения, 3, 19-20
проекции изменений, 29-30, 144
Ледник Ганготри, 95
Ледник Чакалтая, 37, 109
Ледники
Азия, 48, 95, 143
ледник Чакалтая, 37, 109
Европа, 144
Латинская Америка, 36, 107, 109, 143-144
наблюдаемые изменения, 20-21, 36, 107
проекции изменений, 29
Ледовые щиты
вклад в повышение уровня моря, 20, 25
наблюдаемые изменения, 37, 46, 144
Лептоспирос, 106
Леса/лесное хозяйство, 63-64, 142
стратегии адаптации, 70-71
агролесоводство, 132
биотехнология и, 71
переустройство земель в возделываемые земли, 129
экосистемы, 63
меры по смягчению последствий и водные

ресурсы, 130
Лесовозобновление, 4, 64, 130, 132, 133

М
Малые острова, 120-125, 144
адаптация, 54, 121, 122, 125
наблюдаемые изменения и проекции, 120-123, 124, 144
водный стресс, 144
Малярия, 88-89, 110
Меконг, река, 68
Менингит, 75
Мерзлый грунт
наблюдаемые изменения, 19, 37, 118
проекции изменений, 29, 46, 118, 144
Меридиональная опрокидывающая циркуляция (МОЦ), 25, 37
Метан
плотины гидроэлектростанций, 135
свалки/сточные воды, 136
источники и поглотители, 25, 145
Модели
См. Климатические модели

Н
Наблюдаемые изменения
в климате, 15-23
воздействия на водные ресурсы, 8-9, 37-41
резюме, 3-4
См. также конкретные регионы и сектора
Наводнения
Затраты, связанные с будущими воздействиями, 50, 82
в Европе, 104-105
частота 100-летних засух по проекциям, 43
здоровье человека и, 74
воздействие на транспорт и инфраструктуру, 81
страхование и, 82
наблюдаемые изменения,
проекции изменений, 27, 39, 44-45, 141
Наводнения в результате прорыва вод из горных озер (ГЛОФ), 21, 37, 75
проекты по предотвращению, 97-98
Наличие водных ресурсов
меры смягчения последствий и, 130
наблюдения, 76
проекции, 47, 76-77
Наличие продовольствия/ Продовольственная безопасность, 3, 65, 66-69, 71-72
Накопление воды
на плотинах, 10
в ледниках и снежном покрове, 3
Нефть, нетрадиционные виды, 130, 134
Нил, река, 87, 92
Неопределенность, 11
См. также Пробелы в знаниях
Несвязанные с климатом движущие силы водных ресурсов, 8, 10, 47
Новая Зеландия
См. Австралия и Новая Зеландия
О
Обезлесение, 24, 63, 65
предотвращенное/ограниченное, 130, 134
Облесение, 4, 64, 130, 132-133
Обогащение атмосферы углекислым газом
Обработка сточных вод, 9, 79
выбросы парникового газа и, 136-137
меры по смягчению последствий и, 130, 134
качество воды и, 10
Образование термокарста, 62
Озера
дефицит кислорода и цветение воды, 60
химические показатели, 38
эрозия и донные отложения, 39
наблюдаемые изменения, 38-39
проекции изменений, 47, 59-60, 141
термальная структура, 38, 60
Океаны
циркуляция, климатическая обратная связь, 25
соленость, 15, 25
См. также Подъем уровня моря
Опреснение, 10, 50, 79, 144
выбросы парникового газа, 136, 137
Орошение
методы адаптации, 73-76, 136, 137, 142
площадь орошаемых земель, 9, 10
выбросы парникового газа и, 135, 136
водопользование, наблюдаемые изменения, 8-9
водопользование, прогнозируемые изменения, 4, 10, 47, 65, 66, 142
Осадки, 15-19, 26-29
антропогенный вклад, 16-17
экстремальные, 27-29, 30

сильные осадки, 3, 16-17, 18, 43
сильные осадки, затраты для сельского хозяйства, 67
сильные осадки, здоровье человека и, 76-77, 143
средние, 26-27
режимы муссонов, 26
наблюдаемые изменения, 3, 15-19, 16-18
проекции изменений, 3, 25-27, 26-27, 43-44, 141
изменчивость, 3, 15
См. также Циклоны, тропические; Засуха
Отходы, 130, 134, 136

П
Пастбища, 68
Пастбищные земли *См. также* Пастбища
Плотины
строительство и прекращение эксплуатации, 9-10, 151
выбросы парниковых газов, 4, 135, 136, 145
накопление воды, 10
Повторное использование сточных вод, 10
Поглотители углерода, 25
Подземные воды
меры по смягчению и, 130
наблюдаемые изменения, 9, 37-38
проекции изменений, 41-44, 43
засоление, 3, 47
Подъем уровня моря
вклады в, 21, 29-30
наблюдаемые изменения, 21
проекции изменений и воздействий, 3, 29-30, 47
качество воды и, 10, 47
Политика
последствия изменения климата, 139, 146
политика в области управления водными ресурсами , 135-137
См. также Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие
Полузасушливые районы
См. Засушливые и полузасушливые районы
Полярные районы, 117-120, 144
адаптация и уязвимость, 54, 120
наблюдаемые изменения
проекции изменений, 118-119, 119-120, 144
Поселения и инфраструктура, 80-82, 142
Прибрежные районы
будущие воздействия, 47, 61-62, 142
населенные пункты и инфраструктура, 81
Применение азотных удобрений, 10, 133
Пробелы в знаниях, 4, 147-151
Проекции изменений
в климате, 9, 25-34
резюме, 3-4
в водных ресурсах, 9-10, 41-53
См. также конкретные регионы и сектора
Промышленность, 82-84, 130, 142
Проявления крупномасштабной изменчивости, 23-24, 32
Пыльные бури, 75

Р
Рациональное использование водосборных бассейнов, 72-73
Региональные воздействия, 85-125, 143-144
См. также конкретные регионы
Режимы муссонов, 26
Реки, 38, 59-60
проекции воздействий, 60, 61-62
расход воды в реках, 49-50, 61-62
См. также Сток
Рост населения
в прибрежных районах, 80-82
спрос на воду и, 4, 8, 9
в районах, подверженных водному стрессу, 48
Рыболовство, 69, 73, 144
стратегии адаптации, 70
пример реки Меконг, 68

С
Саванны, 63
Санитария
См. Здоровье человека
Связь изменения климата и водных ресурсов, 35-56
адаптация к изменению климата, связанная с водой, 52-56
будущие изменения водных ресурсов вследствие изменения климата, 41-52
наблюдаемые воздействия от изменения климата, 37-41
См. также конкретные аспекты по изменениям и водным ресурсам

Североатлантическое колебание (САК), 15, 23, 32
Северная Америка, 110-117, 144
адаптация, 54, 115-117
тематические исследования воздействий изменения климата, 115, 116, 117
засухи, 40, 723
термальная структура озер, 38
наблюдаемые изменения, 112
осадки, 16
проекция изменений и последствия, 112-115, 112, 145
сток, 31
Сельское хозяйство, 63-73, 142
адаптация, уязвимость и устойчивое развитие, 69-73
биотехнология, и, 71
осушение возделываемых земель, 136
управление возделываемыми землями (ограниченная обработка почвы), 130, 133, 135-136
управление возделываемыми землями (вода), 130, 133
сельскохозяйственные культуры , 67-68
применение удобрений, 10, 133
интенсификация, 133
потребности в воде для орошения, 4, 10, 67, 68, 142
меры по смягчению последствий и вода, 130, 133
моделирование, 63
наблюдения, 65
проекции, 65-69, 143
запашка остатков, 135-136
управление водопользованием и выбросы ПГ, 136
качество воды, влияние на, 10
См. также Сельское хозяйство: региональные аспекты, Орошение
Сельское хозяйство: региональные аспекты
Африка, 88, 91, 92
Азия, 97, 98
Австралия и Новая Зеландия, 100
Европа, 105
Латинская Америка, 107
Северная Америка, 114
малые острова, 122, 123
Система поливного земледелия Наска, 111
Смягчение последствий, 127-137, 145
облесение/ лесовозобновление, 130, 132-133
предотвращенное/ограниченное обезлесение, 130, 133
выгоды в сравнении с отрицательными эффектами, 4, 73, 145
биоэнергетические сельскохозяйственные культуры, 131,-133, 132
электричество, получаемое от биомассы, 131, 132
здания, использование энергии в, 131, 132
улавливание и хранение углекислого газа (УХУ), 129, 130
осушение возделываемых земель, 136
управление возделываемыми землями, 129, 130
опреснение, 136, 137
будущие потребности в данных, 15, 129
геотермальная энергия, 130, 131, 136, 137
выбросы парникового газа (ПГ) и, 135, 136
плотины гидроэлектростанций, 136, 137
гидроэнергетика, 130, 131
орошение, 135-136
изменения и управление в землепользовании, 130, 131-132
последствия для политики, 145
связь с водными ресурсами, 129
запашка остатков, 136
синергия с адаптацией, 73
нетрадиционные виды нефть, 130, 136
утилизация отходов/сточных вод, 130, 134, 136
политика в области управления водными ресурсами, 135-137, 145
См. также Адаптация
Снежный покров
обратная связь с климатом, 24-25
наблюдаемые изменения, 3, 19, 19-20, 37
проекции изменений, 29
Социально-экономические аспекты, связанные с пресными водами, 49-50, 82-83
Спрос на воду
для орошения по проекциям, 4, 10, 65, 66, 143
население и, 4, 8, 9
проекции изменений, 4, 41-51
Сток
меры по смягчению последствий, 130
наблюдаемые изменения, 3, 22, 37-38, 39
планирование использования, 76
проекции изменений, 3, 29, 31, 65, 141
Стратегии адаптации в скотоводстве, 70

Страхование, 82-83, 117
Сценарии, 9-10
См. также Климатические модели
Сценарии СДСВ, 9, 10, 25
Сюжетные линии, 9, 10

Т
Температура
наблюдаемые изменения, 15
проекции изменений, 25, 32
Температура воды
меры смягчения последствий и, 130
наблюдаемые изменения, 37, 38
проекции изменений, 141
Туризм, 37, 82
Трансмиссивные болезни, 75
Транспорт, 81-82
Тропические циклоны
См. Циклоны, тропические
Тшо Ралпа, проект снижения риска, 98

У
Углеродный цикл, обратные связи, 25
Улавливание и хранение углекислого газа (УХУ), 129-136, 130
Управление водными ресурсами
методы адаптации, 52-56, 51-55
управление в целях адаптации, 56
в сельском хозяйстве, 69-73
допущения с учетом прошлого опыта, 4
изменения климата и, 4, 47, 141
выбросы парникового газа и, 129
воздействия на другие районы, 4, 47, 51
комплексное использование водных ресурсов (КИВР), 47, 55, 137
политика, влияние на выбросы парникового газа и смягчение последствий, 135-137, 136
сценарный подход, 55
См. также Адаптация
Устойчивое развитие, 139-146
угроза воздействий будущих изменений климата, 51, 145
цели развития тысячелетия, водный сектор, 146
сельские общины и водные конфликты, 72
См. также Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие
Установление причин климатических изменений, 15, 16-17
Уязвимости: водные ресурсы, 3-4, 9, 51
См. также Адаптация, уязвимость и устойчивое развитие, Водный стресс

Ф
Фенология, 65, 74

Х
Химические показатели воды, 37, 38

Ц
«Цветение» воды, 59, 74, 77
Цели развития, сформулированные в Декларации тысячелетия, водный сектор и, 146
Циклоны, тропические
наблюдаемые изменения, 17-18
проекции изменений, 29, 33, 44, 113

Ш
Шистосомоз, 75, 106-107

Э
Эвапотранспирация
обратные связи, 24
наблюдаемые изменения, 21-22
проекции изменений, 26-27, 28, 30
Экономика, 82
Экономический рост, водопользование и, 9
Экосистемы, 59-63, 141-142
Электричество, получаемое от биомассы, 130, 131
Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО), 23, 32, 90
Энергия
Африка, 88, 90
Азия, 97
Австралия и Новая Зеландия , 100
Европа, 104
инфраструктура, 74
Латинская Америка, 105, 107
меры смягчения последствий и вода, 130
Северная Америка, 113
малые острова, 123
управление водными ресурсами и выбросы ПГ, 136
ЭНСО.
См. Эль-Ниньо/Южное колебание
Эрозия почв, 46, 61

Данные наблюдений и климатические проекции обеспечивают многочисленные свидетельства того, что ресурсы пресной воды являются уязвимыми, и имеется потенциальная возможность значительного воздействия на них в результате изменения климата с широкомасштабными последствиями для человеческого общества и экосистем.

В техническом документе *Изменение климата и водные ресурсы* Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) собрана и проанализирована информация, представленная в докладах об оценке и специальных докладах МГЭИК, по вопросам воздействий изменений климата на гидрологические процессы и режимы, а также на пресноводные ресурсы - их наличие, качество, использование и управление ими. В документе рассматриваются существующие и прогнозируемые основные уязвимости на региональном уровне, перспективы адаптации и взаимосвязи между смягчением последствий изменения климата и водными ресурсами. Его цели заключаются в следующем:

- улучшить понимание связей между естественным и вызванным человеческой деятельностью изменением климата, его воздействиями и вариантами реагирования на него путем адаптации и смягчения последствий, с одной стороны, и вопросами, связанными с водными ресурсами, с другой;
- донести эти более глубокие знания этих вопросов до сведения лиц, принимающих решения, и заинтересованных сторон.

Текст Технического документа строго соответствует тексту лежащих в его основе докладов МГЭИК, в частности Четвертого доклада об оценке. Он передает сбалансированность и объективность этих докладов, и если его текст отличается, то это делается для подтверждения и/или дальнейшего разъяснения выводов, сделанных в этих докладах. Каждый основной пункт сопровождается ссылкой на доклад МГЭИК.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) была создана совместно Всемирной Метеорологической Организацией и Программой по окружающей среде Организации Объединенных Наций для проведения авторитетной международной оценки научной информации об изменении климата. *Изменение климата и водные ресурсы* является одним из шести технических документов, подготовленных МГЭИК на сегодняшний день. Он был подготовлен в соответствии с просьбой Всемирной климатической программы - Вода, - и Международного руководящего комитета Диалога по воде и климату.