

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 РГП. Хотя изменения осадков в течение последнего столетия демонстрируют значительное региональное колебание [РГП, рис. 3.14], они также позволяют выявить некоторые важные весьма значимые тренды. Количество осадков в целом увеличилось 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. [РГП, 3.3.5]

4.1.2 Проекция изменений в гидрологии и последствия для глобального биоразнообразия

Представленные в Четвертом докладе об оценке МГЭИК оценки глобального потепления к 2030 г. для сценариев В1, А1 и А2 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 В1. 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 РГП 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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, РГИ, 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, РГИ, 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. [РГИ, 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 [РГИ, главы 10 и 11] приведут к сильной термальной стратификации, вызывая недостаток кислорода 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°C. 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. [РГИ, 4.2.2] Повышение глобальной температуры, по-видимому, расширит в направлении 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 полусухих 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). Прогнозы ансамбля МОЦ для ДО4 МГЭИК показали различие в количестве осадков между югом и севером, при этом на севере оно увеличивается, а на юге уменьшается. [РГИ, 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). [РГИ, 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). [РГИ, 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. [РГИ, 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. [РГИ, 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). [РГП, ТДО, 5.8.2.1] Поэтому может быть очень трудно или даже невозможно адаптироваться к последствиям прогнозируемых изменений в обеспеченности водой. [РГП, ТДО, 5.8.4] Частично из-за их ограниченной способности к адаптации водно-болотные угодья относятся к числу самых уязвимых для изменения климата экосистем. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 4.4.8] Для основных сред обитания возможно небольшое восстановление при наличии достаточного количества воды. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 15.6.2]

Небольшой рост изменчивости режима осадков может существенно затронуть растения и животных водно-болотных угодий (Kedy, 2000; Burkett and Kusler, 2000). На биоразнообразии 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 [РГП, 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 изостазия (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 экосистемы 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. [РГП, 6.4]

Прогнозы 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. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП 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 км² 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). [РГП, 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 (Scavia et 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 4.4.7] Ожидается, что с каждым повышением температуры на 1°С, продолжительность залегания снежного покрова на

средних высотах Европейских Альп будет сокращаться на несколько недель. *Фактически определено*, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 CO₂. [РГП, 4.4.3, 4.4.5]

В результате многочисленных исследований проведена оценка непосредственного влияния обогащения атмосферы CO₂ 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 CO₂ в атмосфере будет зависеть от обеспеченности водой. [РГП, 4.4.3] Последствия более высокого порядка, вызванные обогащением углекислым газом воздуха в лесах и саваннах, могут иметь серьезные обратные последствия для водных ресурсов. Например, повышение концентрации CO₂ в атмосфере может оказать неблагоприятное воздействие на питательную ценность подстилки, попавшей в водотоки (Tuchman et al., 2003), а повышенная концентрация CO₂ может оказать сильное влияние на водный баланс почвы большинства типов лугопастбищных угодий. [РГП, 4.4.10] Продуктивность лугопастбищных угодий и саванны очень чувствительна к изменчивости осадков. Например, в оценках продуктивности высокогорных 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). [РГП, 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. [РГП, 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.). [РГП, 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. [РГП, 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 касается рыболовства, то загрязнение воды и изменения водных ресурсов также повышают уязвимость и риск. [РГП, 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.). [РГП, 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 землях¹⁹ (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). [РГП, 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.). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 5.6.5]

Оценки последствий изменения климата на производство продовольствия в целом сильно зависят от особенностей

используемых проекций количества осадков, полученных на основе МОЦ. [РГП, 5.4.1.2] В настоящее время 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. Проекция 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. [РГП, 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.). [РГП, 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; РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 4.Р, 4.4.8] Фактически уже выявляются и документально регистрируются изменения во множестве экосистем, особенно в южной части Африки. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 1.3.6, 1.3.9, 5.2]

4.2.2.2 CO₂ в атмосфере и динамика водных ресурсов

Воздействия повышенной концентрации CO₂ 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 CO₂. Что касается C₃-растений (включая большинство продовольственных культур), то эффект CO₂ может быть относительно более заметным для культур, подвергающихся стрессу в связи с недостатком влаги, по сравнению с культурами, которые хорошо орошаются. [РГП, ТДО 5.3.3.1]

Однако крупномасштабные последствия взаимодействия между CO₂ и водой (т.е. взаимодействия на уровне лесного покрова, поля и региона) являются весьма неопределенными. В целом признается, что позитивное воздействие повышенной концентрации CO₂ на взаимоотношения растений и влаги при более высоких температурах будет компенсировано ростом испаряемости. [РГП, 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 CO₂ на растения. Например, высокая температура во время цветения может снизить воздействия CO₂ 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 CO₂. Пшеница, растущая на неорошаемых землях, при концентрации CO₂, 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. [РГП, 5.4.1.2]

Наконец, как специалисты по физиологии растений, так и специалисты по моделированию урожая признают, что в оценках воздействий повышенной концентрации CO₂, 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 CO₂ 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. [РГП, 5.4.1, 5.8.2]

4.2.3 Проекция

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. [РГП, 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. [РГП, 5 Р] В частности, более 90% модельных расчетов прогнозируют к концу XXI века усиление засух в субтропиках [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 водообеспеченности 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). [РГП, 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. [РГП, 5.3.1]

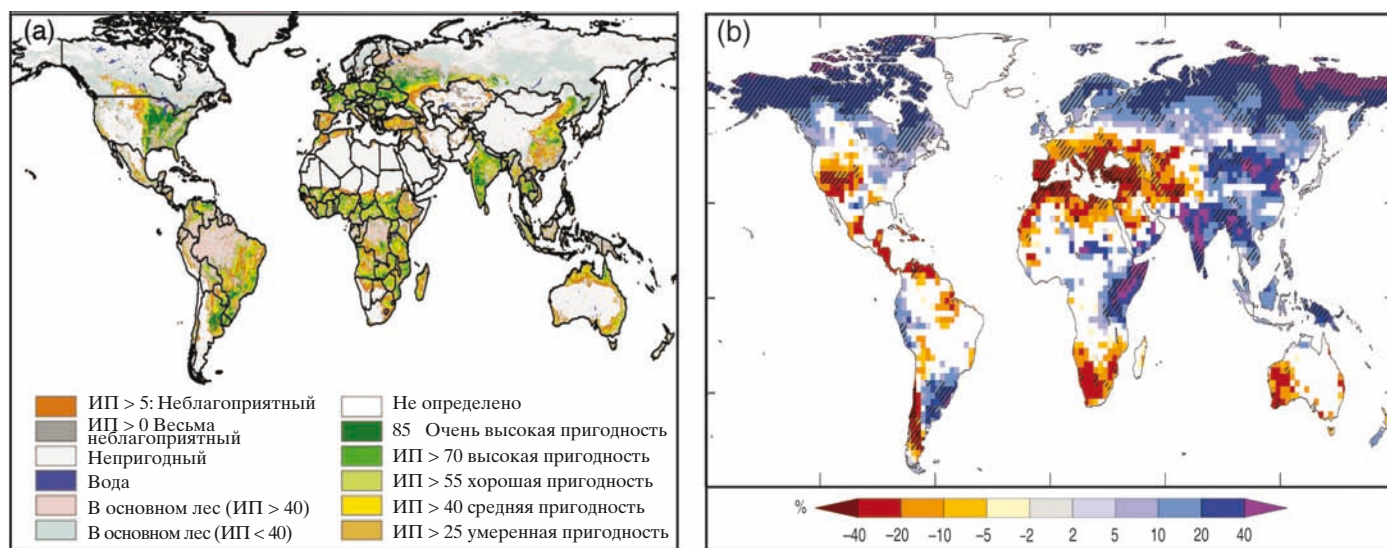


Рис. 4.1: (a) Сегодняшняя пригодность земель для возделывания неорошаемых сельскохозяйственных культур (за исключением лесных экосистем) (по данным Фишера и др. (Fisher et al., 2002b)). ИП- индекс пригодности [РГП, рис. 5.1a]; (b) средняя по ансамблю величина прогнозируемого процентного изменения в среднегодовом 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 CO₂ 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. [РГП, 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. [РГП, 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 полусушливых районах высокая интенсивность дождевых осадков может обуславливать более высокую вероятность засоления из-за потери воды за пределами корнеобитаемого слоя почвы. [РГП, 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 CO₂ на эффективность водопользования для сельскохозяйственных культур. Дöll (Döll (2002)), рассматривая прямые последствия изменения климата для величины испаряемости без учета каких-либо воздействий CO₂, 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%). [РГП, 5.4.2.1]

Фишер и др. (Fischer et al. (2006)) в исследовании, в котором рассматривались также позитивные воздействия CO₂ 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). [РГП, 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 сумме осадков и по той причине урожайность неорошаемых культур, вероятно, переоценена. [РГП, 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 (Vruijsma, 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%. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 роста 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. [РГП, 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. [РГП, 5.4.3.1] Однако, хотя в ТДО РГП говорилось о вероятности увеличения частоты ЭНСО в условиях изменения климата, в ДО4 РГП взаимосвязей между ЭНСО и изменением климата не выявлено. [РГП, ТДО, РП; РГП, 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 [РГП, 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 плодотворных 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 г. и более высокая величина к 2070-2099 г., по сравнению с уровнями 1961-1990 г.). 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). [РГП, 5.4.3.2]

Повышенное содержание CO₂ в атмосфере может снизить сокращение почвенной влаги на некоторых естественных и полустественных 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 CO₂. Другие последствия для домашнего скота будут связаны непосредственно с увеличением температурной нагрузки. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 малопродуктивных 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 потребуются плановая адаптация, включая изменения в политике, учреждениях и целевой инфраструктуре. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 5.5.1]

Стратегии адаптации, касающиеся производственных систем, в случае их широкомасштабного применения будут характеризоваться значительным потенциалом для уравнивания 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. [РГП, 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 хозяйствам, а также стремление к оседлости для получения доступа к социальному обеспечению и продовольственной помощи сильно ограничило мобильность скотоводов.
- Скотоводы занимаются *собираем 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 [РГП, 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 прав); и создание доступных, эффективно работающих рынков для продукции и вкладов (включая схемы определения цен на воду) и для финансового обслуживания (включая страхование). [РГП, 5.5]

Плановая адаптация 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 малопродуктивных земель способствует внедрению неприемлемых методов культивации, усиливая таким образом как деградацию земель, так и использование ресурсов, включая воду. [РГП, 5.4.7]

Ряд оценок адаптации в глобальном, национальном и бассейновом масштабе показывают, что в общем полувлажные и влажные бассейны являются самыми уязвимыми для водного стресса. При уменьшении осадков потребность в воде для орошения делает 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). [РГП, 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). [РГП, 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? [РГП, 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 CO₂. 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. [РГП, 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 рыболовных хозяйств в результате затопления и эрозии берегов в низменных районах. [РГП, 5.6.5]

Изменение климата может также затронуть потребление продовольствия в результате воздействий на ресурсы окружающей среды, сопровождаемых серьезными последствиями для здоровья. [РГП, 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. [РГП, 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.). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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). [РГП, 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 явления в связи с засухой в рамках текущих принципов политики Австралии в отношении засух. [РГП, 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 км² во время сухого сезона до 50 000 км² 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. [РГП, 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 полупустынных 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 5.4.2; РГП, 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. [РГП, 8.1.1] Ввиду очень большого числа людей, которые могут быть затронуты, наиболее значительными последствиями изменения климата для здоровья могут быть недоодевание и нехватка воды (см. разделы 4.2 и 4.4). [РГП, 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 связанных с изменением климата. [РГП, 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. [РГП, 9.2.2]

Изменения в экстремальных климатических условиях чреваты потенциальной возможностью тяжелых 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 беспокойства и депрессии. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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, характеризующимися отсутствием пыли, пыль может переносить большие концентрации вдыхаемых частиц; микроэлементы, которые могут повлиять на здоровье человека; споры грибов; и бактерии. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, глава 7]

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

4.3.3 Проекция

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. Скучные запасы воды представляют собой серьезное ограничение для устойчивого развития (Rockstrom, 2003). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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 растущая 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. [РГП, 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 Проекция

Уменьшение водообеспеченности может быть вызвано следующими причинами:

- сокращение стоков в бассейнах, питаемых отступающими ледниками, и более продолжительные и частые сухие сезоны,
- уменьшение осадков в летний период, ведущее к сокращению воды в водохранилищах, питаемых сезонными реками (du Plessis et al., 2003),
- межгодовая изменчивость осадков и сезонные сдвиги в русловом стоке,
- понижение внутриматериковых уровней грунтовых вод,
- повышение эвапотранспирации в результате более высокой температуры воздуха, удлинения вегетационного периода и увеличения использования воды для орошения,
- 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. [РГП, глава 3]

Наблюдаемое воздействие	Наблюдаемые/возможные последствия
Повышение температуры атмосферы	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшение водообеспеченности в бассейнах, питаемых отступающими ледниками, как это наблюдается в некоторых городах вдоль Анд в Южной Америке (Ames, 1998; Kaser and Osmaston, 2002)
Повышение температуры поверхностных вод	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшение содержания растворенного кислорода, типов смешивания и способности самоочищения Усиление цветения воды, вызванного водорослями
Повышение уровня моря	<ul style="list-style-type: none"> Осолонение прибрежных водоносных горизонтов
Смещения в характере атмосферных осадков	<ul style="list-style-type: none"> Изменения в водообеспеченности из-за изменений осадков и других связанных с ними явлений (например, пополнение грунтовых вод, эвапотранспирация)
Усиление межгодовой изменчивости осадков	<ul style="list-style-type: none"> Повышение трудности регулирования паводков и использования накопителей во время сезона паводков
Повышение эвапотранспирации	<ul style="list-style-type: none"> Уменьшение водообеспеченности Осолонение водных ресурсов Более низкие уровни грунтовых вод
Более частые и интенсивные экстремальные явления	<ul style="list-style-type: none"> Паводки влияют на качество воды и целостность инфраструктуры водных ресурсов и усиливают дождевую эрозию, которая приносит 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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). [РГП, 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. [РГП, 3.5.1]

Более интенсивные осадки в городах могут затронуть работу сточных систем; неконтролируемые пополнения могут принести 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 криптоспоридия, 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. [РГП, 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 полуполетучих загрязняющих веществ (аммиак, ртуть, ПХБ (полихлорбифенилы), диоксины, пестициды) из воды и сточных вод в атмосферу. [РГП, 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). [РГП 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). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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/м³, солоноватых вод - 0,60 долл. США/м³ (Zhou and Tol, 2005), а затраты на хлорирование пресной воды в 0,02 долл. США/м³. 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. [РГП, 7.5] Однако в густонаселенных прибрежных районах Египта, Китая, Бангладеш, Индии и Юго-Восточной Азии затраты на опреснение могут все еще быть чрезмерными. [РГП, 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. [РГП, 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, характеризующихся 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 [РГП, 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. [РГП, 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 потребуются рассмотрение общей используемой стратегии, поскольку она основана на способности поверхностной воды к самоочищению, которая будет уменьшаться в результате более высоких температур. [РГП, 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 вод 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. [РГП, 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. [РГП, 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 (Alcama and Henrichs, 2002; Ragab and Prudhomme, 2002). [РГП, 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. [РГП, 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; Nayhoe et al., 2004). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 3.5.1] Быстро растущие поселения в полусухих 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). [РГП, 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. [РГП, 7.4.2.4] Такое развитие способствует гибели дельтовых сильно увлажненных земель, которые могли бы смягчить воздействия штормов. [РГП, 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, шоссе 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 шоссе. 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 поездов, 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). [РГП, 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). [РГП, 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.). [РГП, 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). [РГП, 3.5]

Другой областью, вызывающей озабоченность, является работа систем отвода ливневых вод. В регионах, затрагиваемых все более интенсивными штормами, потребуются увеличение пропускной способности этих систем для предотвращения локального затопления и, как результат, причинения ущерба зданиям и другим элементам инфраструктуры (UK Water Industry Research, 2004). [РГП, 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, Nageau 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. [РГП, 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 $3,21 \times 10^9 \text{ м}^3$ до $2,07 \times 10^9 \text{ м}^3$) 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). [РГП, 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. [РГП, 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 (ЕАОС, 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*). [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, 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. [РГП, ГДО, 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). [РГП, 74.2.3.3]

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. [РГП, 74.2.1]

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). [РГП, 74.2.2.4]

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). [РГП, 74.2.2]

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. [РГП, 74.2.2.3] Районы, зависимые от наличия снега (например, для зимнего туризма), больше всех уязвимы для глобального потепления. [РГП, 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). [РГП, 74.2.2.2]

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

