

5

Анализ региональных аспектов изменения климата и водных ресурсов

5.1 Африка

5.1.1 Контекст

Вода является одной из нескольких насущных проблем, стоящих перед Африкой в настоящем и будущем. Водоснабжение за счет рек, озер и дождевых осадков характеризуется своим неравномерным природным географическим распределением и доступностью и неустойчивым водопользованием. Изменение климата чревато дополнительными нагрузками для водообеспеченности и доступности водных ресурсов. Арнелл (Arnell (2004)) описал последствия сценариев СДСВ МГЭИК для проекции речного стока на 2050 г., используя климатическую модель HadCM3²⁰. Эти эксперименты указывают на значительное уменьшение стока на севере и юге Африки, тогда как сток в восточной части Африки и некоторых частях полусухливого африканского региона к югу от Сахары прогнозируется его увеличение. Однако многомодельные результаты (рис. 2.8 и 2.9) показывают значительный разброс результатов разных моделей, при этом они прогнозируют уменьшение стока в северной части Африки и его увеличение в ее восточной части, что является вполне обоснованной реакцией. Проекция осадков в африканских странах к югу от Сахары характеризуется значительным разбросом, при этом некоторые модели прогнозируют увеличение, а другие модели - уменьшение. Проецируемые воздействия следует рассматривать в контексте этой значительной неопределенности. [РГП, 11.2, табл. 11.1; РГП, 9.4.1]

В соответствии с проекцией, водообеспеченность в девяти странах²¹, в основном в восточной и южной частях Африки, к 2025 г. будет менее 1 000 м³/чел/г. Двенадцать стран²² будут ограничены до 1 000 - 1700 м³/чел/г, а население с риском дефицита воды может насчитывать до 460 млн. человек, главным образом в западной части Африки (UNEP/GRID-Arendal, 2002 г.)²³. Эти оценки основаны только на темпах прироста населения без учета колебаний водных ресурсов, связанных с изменением климата. Кроме того, одна из оценок показывает, что доля африканского населения с риском водного стресса и нехватки воды увеличится с 47% в 2000 г. до 65% в 2025 г. (Ashton, 2002). Это может привести к конфликтам из-за воды, особенно в засушливых и полусухливых регионах. [РГП, 9.2, 9.4]

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

В отношении бассейна Нила Конуэй (Conway (2005)

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

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

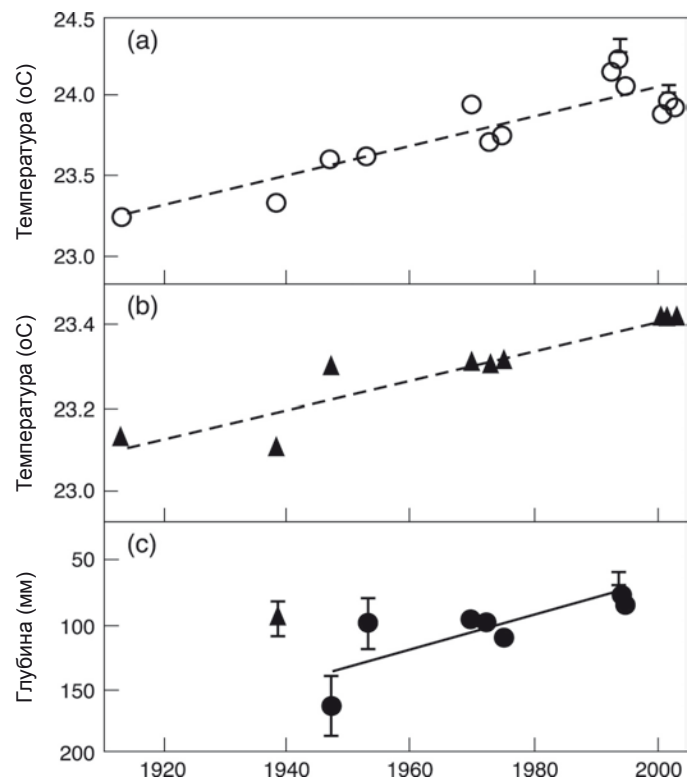


Рис. 5.1: Исторические и недавние измерения на озере Танганьика, Восточная Африка: (a) температуры (поверхностных вод) верхнего перемешанного слоя; (b) температура глубинных вод (600 м); (c) глубина верхнего перемешанного слоя. Треугольники представляют данные, собранные с использованием разных методов.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

²⁰ См. описания моделей в приложении I.

²¹ Джибути, Кабо-Верде, Кения, Бурунди, Руанда, Малави, Сомали, Египет и Южная Африка.

²² Маврикий, Лесото, Эфиопия, Зимбабве, Танзания, Буркина-Фасо, Мозамбик, Китай, Того, Нигерия, Уганда и Мадагаскар.

²³ Только пять стран в Африке имеют в настоящее время (данные 1990 г.) доступ к воде в объеме менее 1 000 м³/чел/г. Это Руанда, Бурунди, Кения, Кабо-Верде и Джибути.

5.1.2 Текущие наблюдения

5.1.2.1 Изменчивость климата

Сахельский регион Западной Африки характеризуется явно выраженной мультидекадной изменчивостью в количестве осадков (например, Dai et al., 2004a), связанной с изменениями в циркуляции атмосферы и соответствующими изменениями в характере распределения температуры поверхности тропического моря в бассейнах Тихого, Индийского и Атлантического океанов (например, ЭНСО и АМК). Очень сухие условия наблюдались в 1970-х – 1990-х гг. после более влажного периода 1950-х и 1960-х гг. Дефицит осадков был в основном связан с сокращением числа явлений значительных осадков, выпадавших во время пика муссонного сезона (июль - сентябрь) и во время первого сезона дождей к югу от приблизительно 9° с. ш. Уменьшение количества осадков и опустошающие засухи в районе Сахели за последние три десятилетия XX века (рис. 5.2) входят в число самых крупных изменений климата, произошедших где-либо. Осадки в Сахели достигли минимума после явления Эль-Ниньо в 1982/83 г. [РГП, 3.74] Исследования с использованием моделирования показывают, что на осадки Сахели скорее оказали влияние крупномасштабные колебания климата (возможно, связанные с изменениями в антропогенных аэрозолях), а не локальное изменение в землепользовании. [РГП, 9.5.4]

5.1.2.2 Водные ресурсы

Примерно 25% современного африканского населения испытывает водный стресс, тогда как 69% живет в условиях относительного избытка воды (Vörösmarty et al., 2005). Однако это относительное изобилие не принимает во внимание другие факторы, а именно, в какой степени эта вода является питьевой и доступной, и наличие санитарии. Несмотря на значительные улучшения в

доступе в 1990-х гг., только около 62% африканцев имели доступ к улучшенному водоснабжению водой в 2000 г. (ВОЗ/ЮНИСЕФ, 2000 г.). [РГП, 9.2.1]

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

5.1.2.3 Энергия

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

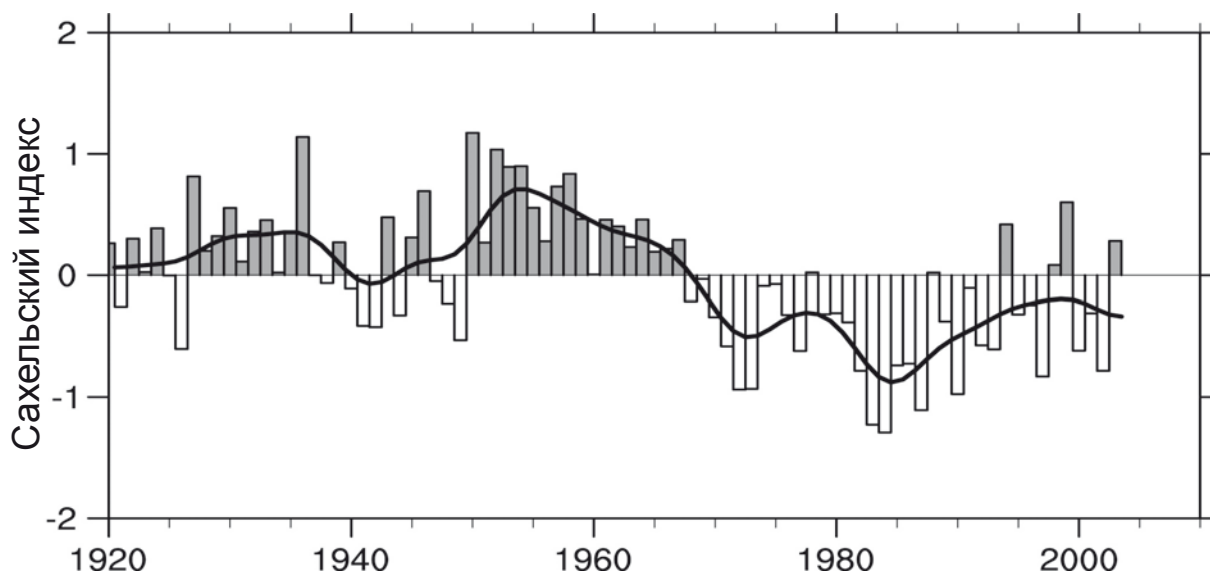


Рис. 5.2: Временной ряд региональных осадков (апрель-октябрь) Сахели (10° с. ш.-20° с. ш., 18° з. д.-20° в. д.) с 1920 г. по 2003 г., полученный путем интерполяции нормализованных аномалий станции в узлы сетки с последующим использованием площадного взвешивания (воспроизводится из: Dai et al., 2004a).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

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

5.1.2.4 *Здоровье*

Малярия

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

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

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

В ряде дальнейших исследований сообщалось о связи межгодовой изменчивости температуры с передачей малярии

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

Другие болезни, передаваемые через воду

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

5.1.2.5 *Сельскохозяйственный сектор*

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

5.1.2.6 *Экосистемы и биоразнообразие*

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

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

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

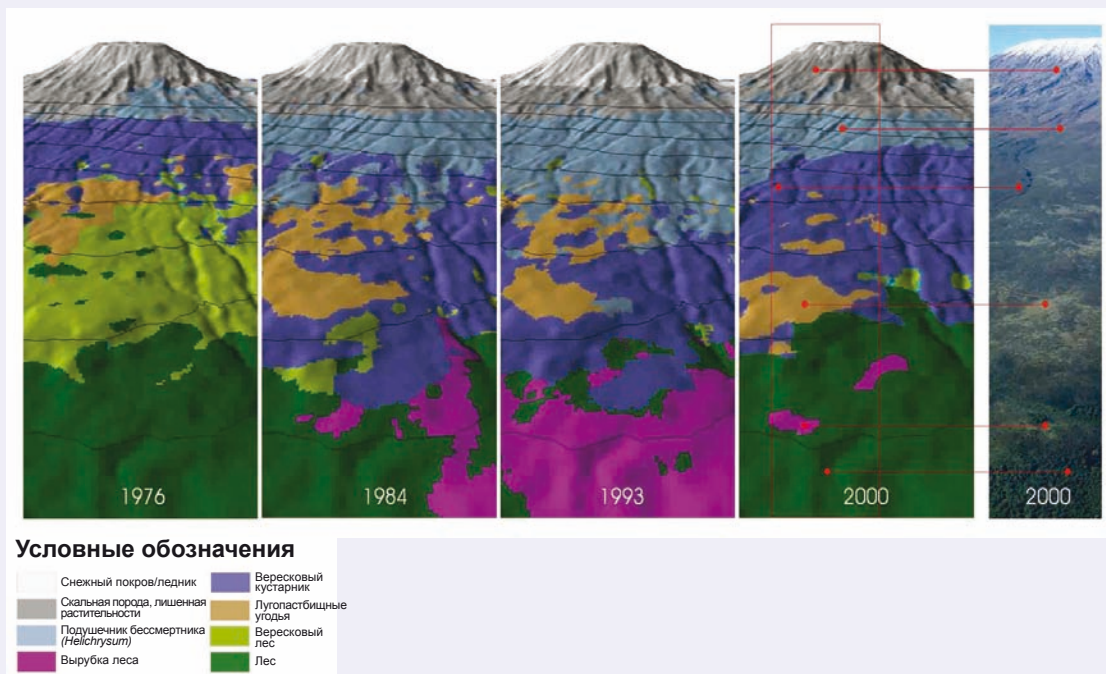


Рис. 5.3: Изменения в покрове суши, вызванные комплексными взаимодействиями землепользования и климата на Килиманджаро (Нетр, 2005). Воспроизводится с разрешения Blackwell Publishing Ltd.

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

Тип растительности	Площадь в 1976 г. (км ²)	Площадь в 2000 г. (км ²)	Изменение (%)
Горный лес	1066	974	-9
Субальпийский вересковый лес	187	32	-83
Вересковый кустарник	202	257	+27
Подушечник бессмертника <i>Helichrysum</i>	69	218	+216
Лугопастбищные угодья	90	44	-51

пределы официально сохраняемых районов, находится под угрозой из-за изменчивости и изменения климата и других стрессов (например, вставка 5.1). Социально-экономическое развитие Африки тормозится в результате изменения климата, сокращения среды обитания, чрезмерного использования отдельных видов, распространения чуждых видов и такой деятельности, как охота и обезлесение, которые угрожают нарушить целостность богатых, но хрупких экосистем континента (UNEP/GRID-Arendal, 2002). Например, примерно половине субгумидных и полусухих частей южного региона Африки грозит умеренная или высокая опасность опустынивания. В Западной Африке длительное уменьшение осадков с 1970-х по 1990-х гг. вызвало смещение

на 25-35 км к югу экологических зон в Сахели, Судане и Гвинее во второй половине XX века (Gonzalez, 2001). Это привело к потере лугопастбищных угодий и акации, сокращению флоры/фауны и смещению песчаных дюн в Сахели; таковы последствия, которые уже наблюдаются (ECF and Potsdam Institute, 2004). [РГП, 9.2.1.4]

5.1.3 Проекция изменений

5.1.3.1 Водные ресурсы

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

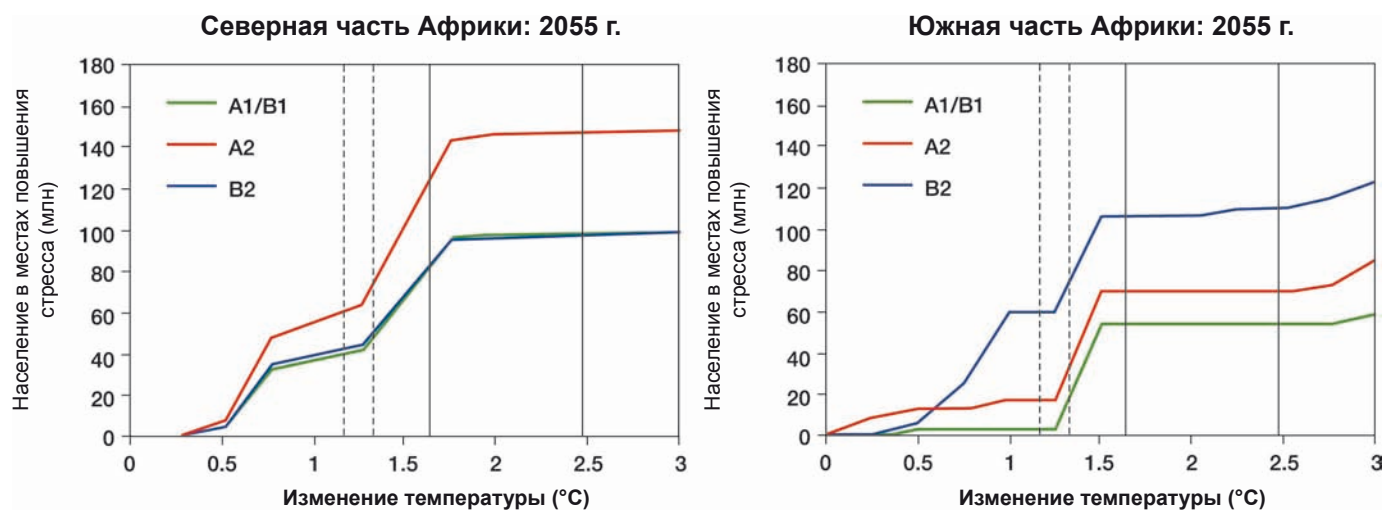


Рис. 5.4: Количество людей (миллионы), живущих на водоразделах, подверженных повышению водного стресса по сравнению с 1961-1990 гг. (Arnell, 2006б). Водоразделы с водным стрессом имеют сток менее 1 000 м³/на душу населения/г, и население подвержено увеличению водного стресса при значительном уменьшении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

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

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

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

5.1.3.2 Энергия

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

5.1.3.3 Здоровье

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

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

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

5.1.3.4 Сельское хозяйство

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

что адаптация может сократить эти отрицательные эффекты (Benhin, 2006). [РГП, 9.4.4]

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

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

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

Египет является одной из африканских стран, которая может быть уязвимой для водного стресса в условиях изменения климата. Согласно оценкам, использованная вода в 2000 г. составляла примерно 70 км³, что уже намного превосходит имеющиеся ресурсы (Gueye et al., 2005). Главная проблема состоит в ликвидации быстро растущего несоответствия ограниченной водообеспеченности и расширяющегося спроса на воду различных экономических секторов. Темпы употребления воды уже достигли своего максимума для Египта, и изменение климата усугубит эту уязвимость.

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

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

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

Однако с изменением климата, очевиден ряд серьезных угроз:

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

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

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

5.1.3.5 Биоразнообразие

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

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

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

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

Всего в перспективе будет утрачено 66% видов животных.

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

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

5.1.4 Адаптация и уязвимость

Последние исследования в Африке выдвигают на первый план уязвимость локальных групп, которые в основном зависят от природных ресурсов, как источника существования, при этом указывается, что их ресурсная база, уже испытывающая серьезный стресс и деградацию из-за чрезмерного использования, как ожидается, будет и далее подвергаться воздействию изменения климата (Leary et al., 2006). [РГП, 171]

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

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

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

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

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

Способность к адаптации и адаптация, связанная с водными ресурсами, считаются очень важными для Африканского континента. В историческом плане, миграция ввиду опасности засухи и паводков была определена как один из вариантов адаптации. Было обнаружено, что миграция также представляет источник дохода для тех мигрантов, которые нанимаются для сезонных работ. Другие практические методы, вносящие вклад в адаптацию, включают традиционные и современные методы сбора, сохранения и хранения воды и посадку засухоустойчивых и раннеспелых культур. Значимость использования в качестве основы традиционных знаний, связанных со сбором и использованием воды, выдвигается как одно из наиболее важных требований адаптации (Osman-Elashaetal., 2006), при этом указывается на необходимость его внедрения в политику в отношении изменения климата для обеспечения разработки эффективных стратегий адаптации, которые выгодны экономически, предусматривают совместное участие и устойчивы. [РГП, 9.5.1, табл. 171]

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

5.2 Азия

5.2.1 Контекст

Азия является регионом, где распределение водных ресурсов не является равномерным, и большие территории испытывают водный стресс. Среди 43 стран Азии 20 имеют возобновляемые ежегодные водные ресурсы на душу населения, превышающие 3 000 м³, 11 имеют

ресурсы от 1 000 до 3 000 м³, и 6 стран - меньше 1 000 м³ (по 6 оставшимся странам, данные отсутствуют) (ФАО, 2004а, б, с). [РГП, табл. 10.1] Между западным Китаем и Монголией и Западной Азией находятся обширные районы засушливых и полусушливых земель. [РГП, 10.2] Даже во влажных и суб-гумидных районах Азии дефицит воды/стресс является одним из ограничений для устойчивого развития. С другой стороны, Азия имеет очень большое население, которое растет быстрыми темпами, низкие уровни развития и слабую способность справляться с проблемами. Ожидается, что изменение климата усугубит ситуацию нехватки воды в Азии наряду с многочисленными социально-экономическими стрессами. [РГП, 10.2]

5.2.2 Наблюдаемые последствия изменения климата для водных ресурсов

5.2.2.1 Ресурсы пресной воды

В течение последних нескольких десятилетий по всей Азии наблюдалась межсезонная, межгодовая и пространственная изменчивость дождевых осадков. Тренды уменьшения среднегодового количества осадков наблюдались в России, северо-восточных и северных районах Китая, прибрежных поясах и засушливых равнинах Пакистана, в части северо-восточных районов Индии, Индонезии, на Филиппинах и в некоторых районах Японии. Среднегодовые значения демонстрируют растущие тренды в западных частях Китая, бассейне Чанцзян (река Янцзы) и районах юго-восточного побережья Китая, на Аравийском полуострове, в Бангладеш и вдоль западного побережья Филиппин. Согласно сообщениям, за последние 20 лет сообщалось более частыми и интенсивными стали экстремальные явления погоды в Юго-Восточной Азии, связанные с Эль-Ниньо (Trenberth and Hoar, 1997; Aldhous, 2004). Важно отметить, что значительная междекадная изменчивость существует как в индийском, так и в восточно-азиатском муссонах. [РГП, 3.3.2, 3.71; РГП, 10.2.2, 10.2.3]

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

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

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

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

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

На рис. 5.5 показано отступление (с 1780 г.) ледника Ганготри - источника Ганга, расположенного в штате Уттаракханд, Индия. Хотя это отступление связано с антропогенным изменением климата, не проводилось никаких компетентных исследований. Следует отметить, что язык именно этого ледника достаточно плоский и сильно покрыт обломочным материалом. Сокращение языков с такими характеристиками трудно связать с конкретным климатическим сигналом, так как покров из обломочного материала скрывает любой сигнал. Плоские языки имеют тенденцию внезапного обрушения с резким изменением

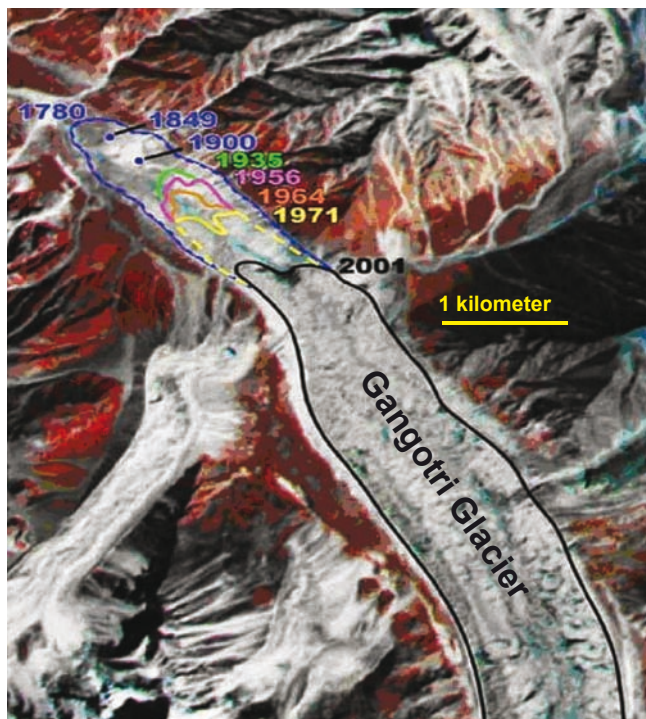


Рис. 5.5: Композитный спутниковый снимок, показывающий, как отступила кромка ледника Ганготри (исток Ганга, расположенный в штате Уттаракханд, Индия) с 1780 г. (воспроизводится с любезного разрешения NASA EROS Data Center, 9 September, 2001). [РГП, рис. 10.6]

площади, после утончения в течение десятилетий при относительно небольшом изменении ареала. [РГП, 10.6.2]

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

5.2.2.2 Сельское хозяйство

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

5.2.2.3 Биоразнообразие

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

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

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

5.2.3.1 Пресноводные ресурсы

Ожидаются изменения сезонности и количества расходов воды речных систем в результате изменения климата. В некоторых частях России изменение климата может существенно повлиять на изменчивость речного стока таким образом, что случаи чрезвычайно низкого речного стока могут происходить намного чаще в регионах выращивания культур на юго-западе (Peterson et al., 2002). Обеспечение поверхностной водой из основных рек, таких, как Евфрат и Тигр, может быть затронуто изменением речного потока. В Ливане ежегодные суммарные, годные к употреблению водные ресурсы, уменьшатся на 15% вследствие среднего повышения температуры на 1,2°C (по оценкам ГКМ) и удвоения содержания CO₂, тогда как потоки в реках увеличатся зимой и уменьшатся весной (Bou-Zeid and El-Fadel, 2002). По проекции, максимальный месячный сток Меконга возрастет на 35-41% в бассейне и на 16-19% в дельте, при этом более низкая величина, по оценкам, приходится на 2010-2038 гг., а более высокая - на 2070-2099 гг., по сравнению с уровнями 1961-1990 гг. В отличие от этого минимальные месячные потоки уменьшатся, согласно оценкам, на 17-24% в бассейне и на 26-29% в дельте (Hoanh et al., 2004), [РГП, вставка 5.3] Это позволяет предположить, что во время сезона дождей риск наводнения может повыситься, а возможность дефицита воды в сухой сезон увеличиться. [РГП, 10.4.2.1]

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

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

Последствия увеличения таяния снега и ледников, а также поднятия снеговых границ будут неблагоприятными

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

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

Ожидается, что проецируемое повышение приземной температуры воздуха в северо-западной части Китая, полученное линейной экстраполяцией наблюдавшихся изменений, приведет к уменьшению площади ледников на 27%, площади мерзлых почв на 10-15%, росту паводка и потока обломочного материала и более значительной нехватке воды к 2050 г. по сравнению с периодом 1961-1990 гг. (Qin, 2002). Предполагается, что продолжительность сезонного снежного покрова в высокогорных районах, а именно Тибетском Нагорье, Синцзяне и районах внутренней Монголии, сократится, что приведет к уменьшению объема и, соответственно, к суровым весенним засухам. *Вероятно*, что сток в расчете на душу населения уменьшится к концу XXI века от 20% до 40% в провинциях Нинся, Синцзян и Цинхай (Tao et al., 2005). Однако нагрузка на водные ресурсы из-за роста населения и социально-экономического развития, *вероятно*, возрастет. В работе Хигаши и др. (Higashi et al. (2006)) дается проекция, согласно которой риск паводков в будущем в Токио (Япония) в период между 2050 г. и 2300 г. по сценарию СДСВ А1В, *вероятно*, будет в 1,1 – 1,2 раза выше, чем в современных условиях. [РГП, 10.4.2.3]

Общая водообеспеченность на душу населения в Индии по проекции уменьшится примерно с 1 820 м³/г в 2001 г. до 1 140 м³/г в 2050 г. в результате роста населения (Gupta and Deshpande, 2004). В другом исследовании указывается, что Индия достигнет состояния водного стресса до 2025 г. когда обеспеченность по прогнозам упадет ниже 1 000 м³ на душу человека (Центральная комиссия по водным ресурсам, 2001 г.). Эти изменения вызваны климатическими и демографическими факторами. Относительный вклад этих факторов неизвестен. Проецируемое уменьшение зимних осадков в Индостане повлечет уменьшение объема хранения воды и усиление водного стресса во время муссонного периода с малым количеством осадков. Интенсивные дожди, выпадающие в течение меньшего количества дней, что означает увеличение частоты паводков во время муссона, могут также привести к уменьшению потенциальной возможности пополнения грунтовых вод. Расширение площадей, испытывающих сильный водный стресс, станет одной из наиболее неотложных экологических проблем в Южной и Юго-Восточной Азии в обозримом будущем, так как количество людей, живущих в условиях сильного водного стресса, *вероятно*, существенно возрастет в абсолютных показателях. Согласно оценкам в рамках всех сценариев СДСВ от 120 млн до 1,2 млрд и от 185 до 981 млн человек будут

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

5.2.3.2 Энергия

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

5.2.3.3 Сельское хозяйство

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

5.2.4 Адаптация и уязвимость

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

На уязвимость общества оказывает влияние его путь развития, физические виды подверженности, распределение ресурсов, предыдущие стрессы и общественные и правительственные учреждения. Все общества имеют свойственные им способности реагирования на определенные колебания климата, тем не менее, адаптивные способности распределены неравномерно как по странам, так и в рамках определенных обществ. Небогатые и изолированные общества исторически больше всех подвержены риску и наиболее уязвимы для изменения климата. Последние

исследования в Азии показывают, что маргинализированные группы населения, источник существования которых зависит от первичных ресурсов, особенно уязвимы для воздействий изменения климата, если их база природных ресурсов испытывает сильный стресс и находится в состоянии упадка из-за чрезмерного использования, или если их системы руководства неспособны к эффективному реагированию (Leary et al., 2006). [РГП, 171] Имеется все больше свидетельств, что адаптация происходит в ответ на наблюдаемое и ожидаемое изменение климата. Например, изменение климата составляет один из факторов при разработке проектов инфраструктуры, таких, как защита береговой линии на Мальдивских островах и предотвращение наводнений в результате прорыва ледникового озера в Непале (см. вставку 5.4). [РГП, 172, 175, 16.5]

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

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

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

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

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

Тшо Ролпа является ледниковым озером, расположенным на высоте около 4 580 м в Непале. Сокращение ледника увеличило размер Тшо Ролпа с 0,23 км² в 1957/58 г. до 1,65 км² в 1997 г. (рис. 5.6). В тот период 90-100 млн м³ воды озера удерживались моренной дамбой и представляли источник опасности, который требовал неотложных действий для уменьшения риска катастрофического паводка из-за прорыва ледникового озера (ГЛОФ).

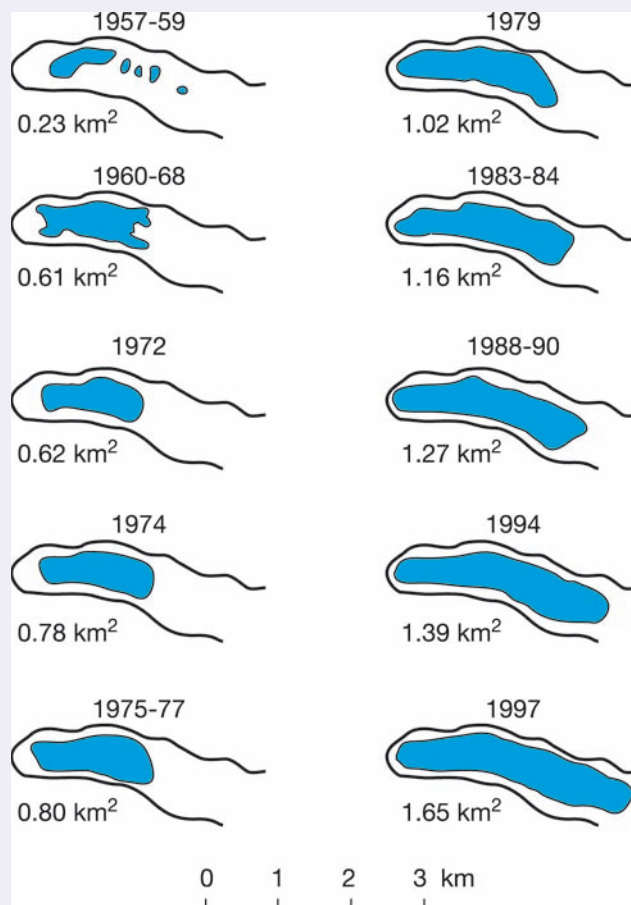


Рис. 5.6: Изменения площади Тшо Ролпа с течением времени.

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

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

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

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

5.3 Австралия и Новая Зеландия

5.3.1 Контекст

Несмотря на то, что Австралия и Новая Зеландия очень различаются в гидрологическом и геологическом плане, они обе уже испытывают воздействия на водоснабжение последнего изменения климата в результате естественной изменчивости и деятельности человека. Самой существенной региональной причиной естественной изменчивости климата является цикл Эль-Ниньо - Южное колебание (раздел 2.1.7). Начиная с 2002 г., фактически во всех восточных штатах и юго-западном регионе Австралии произошел переход к засухе. Эта засуха по

меньшей мере сравнима с так называемыми «засухами Федерации» 1895 г. и 1902 г., и вызвала значительную полемику об изменении климата и его воздействии на водные ресурсы и устойчивое управление ими. [РГП, 11.2.1, 11.2.4]

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

5.3.2 Наблюдаемые изменения

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

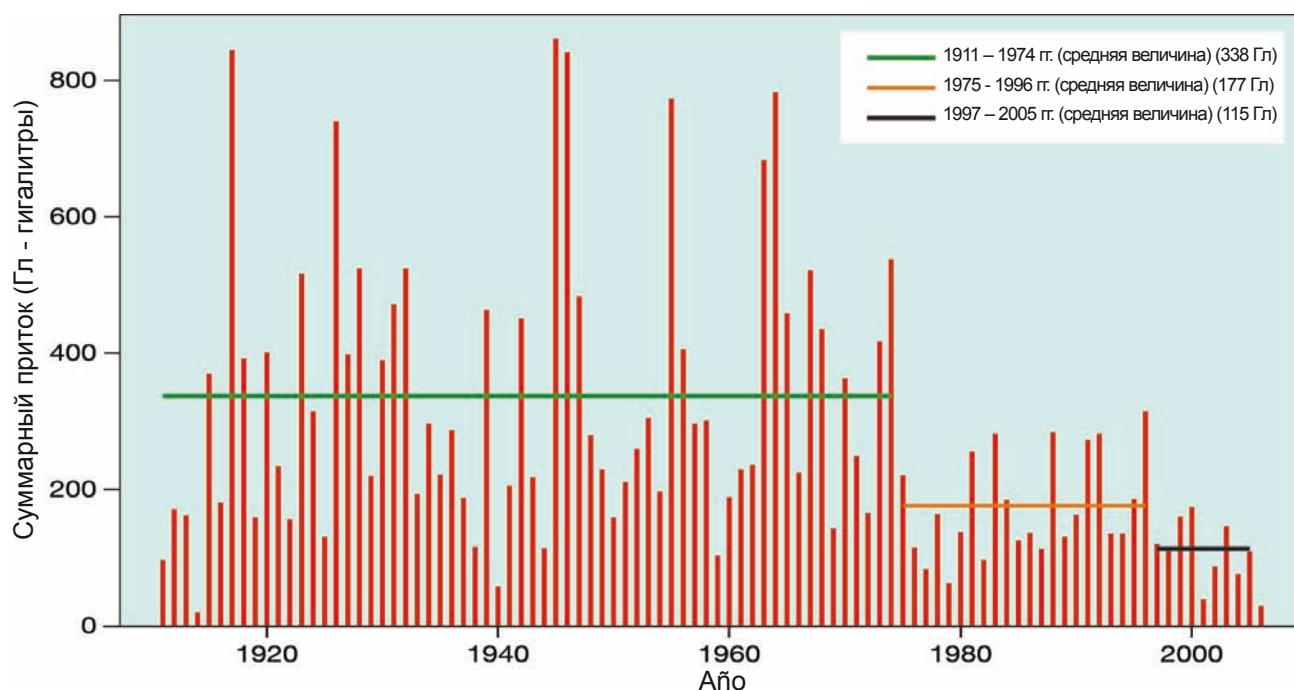


Рис. 5.7: Ежегодный приток в систему водоснабжения Перта с 1911 по 2006 гг.. Горизонтальные линии показывают средние значения. Источник: http://www.watercorporation.com.au/D/dams_streamflow.cfm (воспроизводится с разрешения Water Corporation of Western Australia). [РГП, пус. 11.3]

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

5.3.3 Проекция изменений

5.3.3.1 Вода

Текущие проблемы безопасности водоснабжения, весьма вероятно, возрастут к 2030 г. в южной и восточной частях Австралии и в некоторых восточных районах Новой Зеландии, удаленных от основных рек. [РГП, 11.Р] Бассейн рек Муррей - Дарлинг является самым большим речным бассейном Австралии, обеспечивающим примерно 70% орошаемых культур и пастбищ (MDBS, 2006). По сценариям выбросов А1 и В1 СДСВ и данным целого ряда ГKM прогнозируется снижение годового руслового стока в этом бассейне на 10-25% к 2050 г. и на 16-48% к 2100 г., с изменениями солёности, соответственно, от -8 до +19% и от -25 до +72% (Beage and Heaney, 2002). [РГП, табл. 11.5] По проекции, сток в 29 водосборных бассейнах штата Виктория снизится на 0-45% (Jones and Durack, 2005). Для сценария А2 проекция показывает снижение на 6-8% годового стока на большей части восточного региона Австралии и на 14% в Юго-Западной Австралии в период 2021-2050 гг. относительно периода 1961-1990 гг. (Chiew et al., 2003). Оценка риска для Мельбурна с использованием десяти климатических моделей (на основе сценариев В1, А1В и А1F СДСВ) показала среднее уменьшение руслового стока на 3-11% к 2020 г. и на 7-35% к 2050 г.; тем не менее запланированные действия, ориентированные на спрос и предложение, могут облегчить проблему дефицита воды до 2020 г., включительно (Howe et al., 2005). О будущих воздействиях на грунтовые воды в Австралии известно мало. [РГП, 11.4.1]

В Новой Зеландии в пропорциональном отношении сток рек Южного острова, весьма вероятно, больше зимой и меньше летом (Woods and Howard-Williams, 2004). Этот фактор, весьма вероятно, обеспечит больше воды для выработки гидроэлектроэнергии в период максимальной потребности зимой и уменьшит зависимость от гидроаккумуляционных озёр, с тем чтобы сохранить потенциал для выработки электроэнергии на следующую зиму. Однако отрасли, зависящие от орошения (например, производство молочной продукции, выращивание зерна, садоводство), вероятно, будут испытывать отрицательные эффекты из-за низкой обеспеченности водой в весенний и летний периоды, когда спрос максимальный. Увеличение частоты засух, весьма вероятно, в восточных районах и будет сопровождаться возможными потерями сельскохозяйственной продукции с неорошаемых земель (MuUan et al., 2005). Воздействия

изменения климата на производство продовольствия и частоту засух *фактически определено* будут меняться в зависимости от фаз ЭНСО и ТМК (McKerchar and Henderson, 2003). Водоносный горизонт грунтовых вод г. Окленда имеет дополнительную возможность пополнения в соответствии со всеми изученными сценариями (Namjou et al., 2006). *Весьма маловероятно*, что основные стоки в главных водотоках и источниках подвергнутся опасности, за исключением случаев многих засушливых лет подряд. [РГП, 11.4.1.1]

5.3.3.2 Энергия

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

5.3.3.3 Здоровье

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

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

5.3.3.4 Сельское хозяйство

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

5.3.3.5 Биоразнообразие

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

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

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

5.3.4 Адаптация и уязвимость

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

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

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

5.4 Европа

5.4.1 Контекст

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

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

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

5.4.2 Наблюдаемые изменения

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

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

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

5.4.3 Проекция изменений

5.4.3.1 Вода

В целом для всех сценариев прогнозируется увеличение среднегодовых величин осадков в северной части Европы и их уменьшение в направлении к югу. Однако изменение в осадках значительно отличается от сезона к сезону и по районам, являясь реакцией на изменения крупномасштабной циркуляции и концентрации водяного пара. В работе Раисанена и др. (Räisänen et al. (2004)) дается проекция значительного сокращения осадков в летний период (в некоторых районах до 70% в сценарии А2 СДСВ) в южной и центральной частях Европы, и, в меньшей степени, в центральных районах Скандинавии. Джорджи и др. (Giorgi et al. (2004)) определили увеличение антициклонической циркуляции летом в северо-восточной Атлантике, которое вызывает образование гребня над западной частью Европы и ложбины над восточной Европой. Эта блокирующая структура отклоняет на север штормы, вызывая значительное и широко распространенное уменьшение осадков (до 30 - 45%) над Средиземноморским бассейном, а также над западной и центральной частями Европы. [РГП, табл. 11.1; РГП, 12.3.1.1]

В соответствии с проекцией, изменение климата окажет ряд воздействий на водные ресурсы (табл. 5.3). Увеличение годового стока предполагается в атлантической и северной частях Европы (Werritty, 2001; Andreasson et al., 2004), а уменьшение – в центральной, средиземноморской и восточной частях Европы (Chang et al., 2002; Etchevers et al., 2002; Menzel and Bürger, 2002; Iglesias et al., 2005). Прогнозируется увеличение среднегодового стока в северной части Европы (к северу от 47° с. ш.) примерно на 5-15% до 2020-х гг. и на 9-22% до 2070-х гг. по сценариям А2 и В2 и климатическим сценариям двух разных климатических моделей (Alcamo et al., 2007). Между тем предполагается, что сток в южной части Европы (к югу от 47° с. ш.) уменьшится на 0-23% до 2020-х гг. и на 6-36% до 2070-х гг. (для одного и того же набора предположений). Пополнение грунтовых

вод, *вероятно*, уменьшится в центральной и восточной частях Европы (Eitzinger et al., 2003), при этом уменьшение будет больше в долинах (Krüger et al., 2002) и низменной местности, например в степях Венгрии: (Somlyódy, 2002). [РГП, 12.4.1, рис. 12.1]

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

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

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

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

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

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

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

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

Суммарные эффекты высокой температуры и уменьшения средних летних осадков повысят повторяемость волн тепла и засух. Шар и др. (Schar et al. (2004)) делают вывод, что будущий европейский летний климат будет характеризоваться ярко выраженным усилением изменчивости от года к году и, следовательно, числа случаев волн тепла и засух. В Средиземноморье и даже на большей части Восточной Европы может увеличиться продолжительность сухих периодов к концу XXI века (Polemio and Casarano, 2004). Согласно исследованию Гуда и др. (Good et al. (2006)), самая большая годовая продолжительность сухого периода возрастет почти на 50%, особенно во Франции и Центральной Европе. Однако последние данные (Lenderink et al., 2007) свидетельствуют, что некоторые из этих проекций для засух и волн тепла могут быть слегка преувеличены из-за параметризации почвенной влаги в региональных климатических моделях.

Уменьшение количества летних осадков в Южной Европе, сопровождаемое повышением температуры, увеличивая спрос на воду за счет потерь на испарение, неизбежно приведет к уменьшению почвенной влаги летом (см. также Douville et al., 2002) и более частым и интенсивным засухам. [РГП, 3.4.3, 12.3.1]

Исследования показывают уменьшение максимальных паводков, вызванных снеготаянием к 2080-м гг. в некоторых районах СК (Kay et al., 2006b), но воздействие изменения климата на паводковый режим может быть как положительным, так и отрицательным, выдвигая на первый план неопределенность, которая все еще остается в отношении воздействий изменения климата (Reynard et al., 2004). Пальмером и Раисаненом (Palmer and Raisanen (2002)) был выполнен анализ различий в моделировании зимних осадков между контрольным прогоном модели и ансамблем с переходным увеличением CO₂ и рассчитано приблизительное время удвоения CO₂. Для Европы было выявлено значительное увеличение риска очень влажной зимы. Было установлено, что вероятность того, что сумма осадков бореальной зимы превысит два стандартных отклонения от нормы, значительно возрастет (даже от пяти до семи раз) над большими районами Европы, с вероятными последствиями для опасного зимнего паводка. [РГП, 3.4.3]

5.4.3.2 Энергия

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

5.4.3.3 Здоровье

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

5.4.3.4 Сельское хозяйство

Предполагается, что прогнозируемое увеличение экстремальных явлений погоды (например, продолжительность высокой температуры и засух) (Meehl and Tebaldi, 2004; Schär et al., 2004; Beniston et al., 2007) повысит изменчивость урожайности (Jones et al., 2003b) и понизит среднюю урожайность (Trnka et al., 2004). В частности в Европейско-Средиземноморском регионе увеличение частоты экстремальных климатических явлений во время определенных стадий развития культуры (например, тепловой стресс в период цветения, дождливые дни на даты сева) вместе с более высокой интенсивностью дождевых осадков и более продолжительными сухими периодами, *вероятно*, сократит урожайность летних культур (например, подсолнечника). [РГП, 12.4.71]

5.4.3.5 Биоразнообразие

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

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

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

5.4.4 Адаптация и уязвимость

Изменение климата приведет к двум основным проблемам управления водными ресурсами в Европе: повышению водного стресса, в основном в Юго-Восточной Европе, и

увеличению риска паводков в большей части континента. Варианты адаптации для преодоления этих проблем хорошо отражены в документах (МГЭИК, 2001b). Водоохранилища и дамбы, *вероятно*, останутся основными стороительными мерами для защиты от наводнений соответственно в гористых и низменных районах (Hooijer et al., 2004). Однако более популярными становятся другие меры плановой адаптации, такие, как расширение пойменных районов (Helms et al., 2002), водоохранилища для регулирования паводков в чрезвычайных ситуациях (Somlyody, 2002), заповедные зоны для паводковой воды (Silander et al., 2006) и системы прогнозирования паводков и предупреждений, особенно в отношении бурных паводков. Водоохранилища многоцелевого назначения служат в качестве меры адаптации и для паводков, и для засух. [РГП, 12.5.1]

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

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

5.5 Латинская Америка

5.5.1 Контекст

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

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

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

5.5.2 Наблюдаемые изменения

5.5.2.1 Вода

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

- Усиление таких экстремальных явлений климата, как паводки, засухи и оползни (например, сильные осадки в Венесуэле (1999 г. и 2005 г.); наводнение в Аргентинских Пампасах (2000 г. и 2002 г.), амазонская засуха (2005 г.), разрушительные шквалы с градом в Боливии (2002 г.) и в Буэнос-Айресе (2006 г.), циклон Катрина в Южной Атлантике (2004 г.) и рекордный сезон ураганов 2005 г. в Карибском регионе). Частота стихийных бедствий, связанных с климатом, возросла в 2,4 раза между периодами 1970-1999 гг. и 2000-2005 гг., продолжая тренд, наблюдаемый в 1990-е гг. Только 19% событий между 2000 и 2005 гг. были оценены количественно в плане экономического ущерба, составившего почти 20 млрд долл. США (Nagy et al., 2006). [РГП, 13.2.2]
- Стресс, вызванный водообеспеченностью: засухи, связанные с Ла-Нинья, привели к жестким ограничениям потребностей в водоснабжении и орошении в центральных районах западной Аргентины и в центральных районах Чили. Засухи, связанные с Эль-Ниньо, уменьшили поток реки Каука в Колумбии. [РГП, 13.2.2]
- Увеличение осадков наблюдалось в Южной Бразилии, Парагвае, Уругвае, на северо-востоке Аргентины (пампасы) и в некоторых частях Боливии, на северо-западе Перу, в Эквадоре и на северо-западе Мексики. Рост осадков вызвал повышение на 10% частоты паводков на реке Амазонке в Обидосе; увеличение на 50%-е руслового стока в реках Уругвая, Параны и Парагвая; и усиление наводнений в бассейне Маморе в боливийской Амазонии. Рост явлений интенсивных

дождевых осадков и последующих сухих дней также наблюдался в регионе. Наоборот, тренд уменьшения осадков наблюдался в Чили, на юго-западе Аргентины, на северо-востоке Бразилии, в южных районах Перу и западных районах Центральной Америки (например, в Никарагуа). [РГП, 13.2.4.1]

- Скорость повышения уровня моря на 2-3 мм/г за последние 10-20 лет на юго-востоке Южной Америки. [РГП, 13.2.4.1]
- Площадь ледников в тропических Андах Боливии, Перу, Эквадоре и Колумбии сократилась на величины, подобные глобальным изменениям с конца Малого ледникового периода (см. рис. 5.9). Самые незначительные ледники подверглись наибольшему изменению (см. вставку 5.5). Причины этих изменений отличаются от причин в средних и высоких широтах, так как они связаны со сложными и изменяющимися в пространстве различными сочетаниями высоких температур и изменений влагосодержания в атмосфере. [РГП, 4.5.3]

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

5.5.2.2 Энергия

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

5.5.2.3 Здоровье

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

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

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

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

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

5.5.2.4 Сельское хозяйство

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

5.5.2.5 Биоразнообразие

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

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

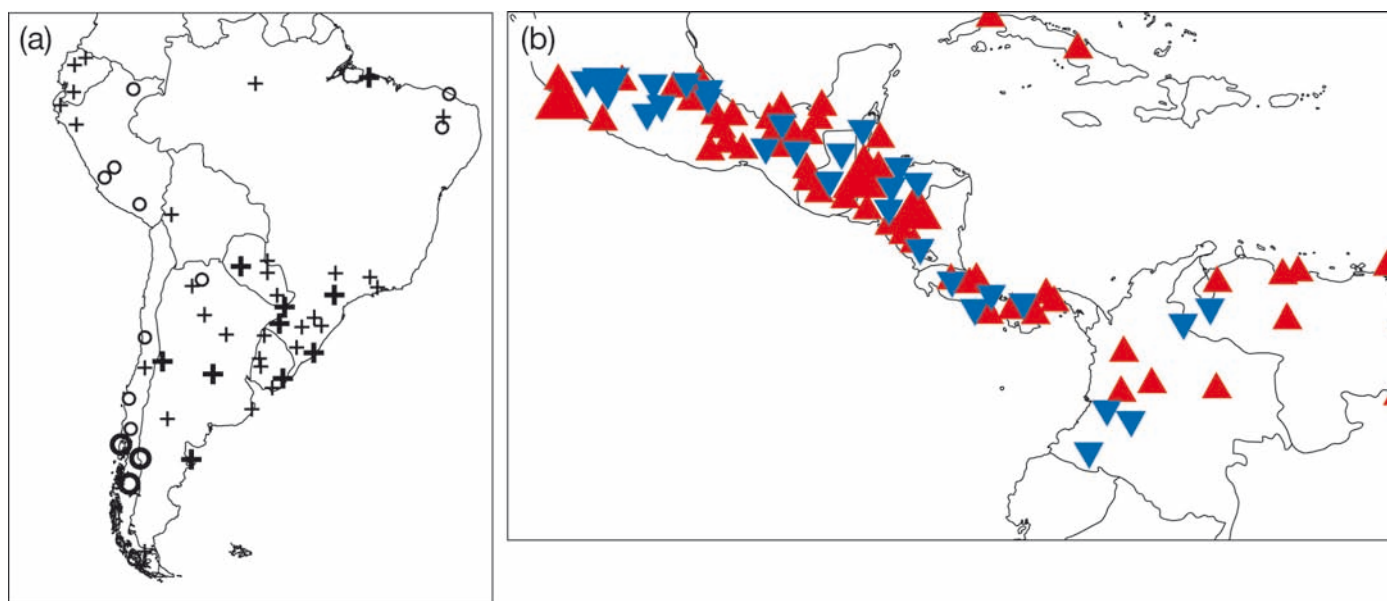


Рис. 5.8: Тренды в годовом количестве осадков в (a) Южной Америке (1960-2000 гг.). Увеличение показано знаком плюс, а уменьшение - кружком; величины, выделенные жирным шрифтом, показывают уровень значимости при $P < 0,05$ (воспроизводится из Haylock et al. (2006) с разрешения Американского метеорологического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

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

5.5.3 Проекция изменений

5.5.3.1 Вода и климат

При средней степени достоверности проекция среднего потепления для Латинской Америки на 2100 г., в соответствии с различными климатическими моделями, меняется от 1°C до 4°C для сценария выбросов В2 и от 2°C до 6°C для сценария А2. Большинство проекций ГKM указывают на крупные (положительные или отрицательные) аномалии количества осадков для тропического региона и небольшие аномалии для внетропической части Южной Америки. Кроме того, прогнозируется, что экстремально сухие сезоны станут более частыми в Центральной Америке (для всех сезонов). Кроме этих результатов имеется относительно небольшая согласованность между моделями по изменениям частоты экстремальных сезонов в плане осадков. В отношении суточных экстремальных осадков в одном исследовании высказывается предположение на основании двух МОЦАО об увеличении числа дней с дождем в некоторых частях юго-востока Южной Америки и центральной Амазонии, и более слабых суточных экстремальных осадков над побережьем Северо-Восточной Бразилии. [РГП, табл. 11.1, 11.6; РГП, 13.Р, 13.3.1]

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

5.5.3.2 Энергия

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

5.5.3.3 Здоровье

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

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

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

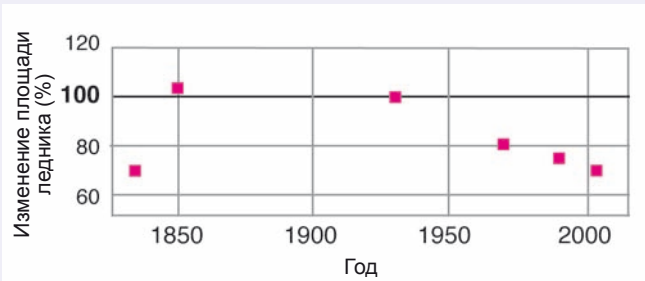


Рис. 5.9: Площадь (%) общей поверхности ледников тропических гор Кордильера-Бланка, Перу, по сравнению с их протяженностью около 1925 г. (=100) (Georges, 2004). Площадь ледника в Кордильера-Бланка в 1990 г. составляла 620 км². [Воспроизводится из РГI, рис. 4.16]

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

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

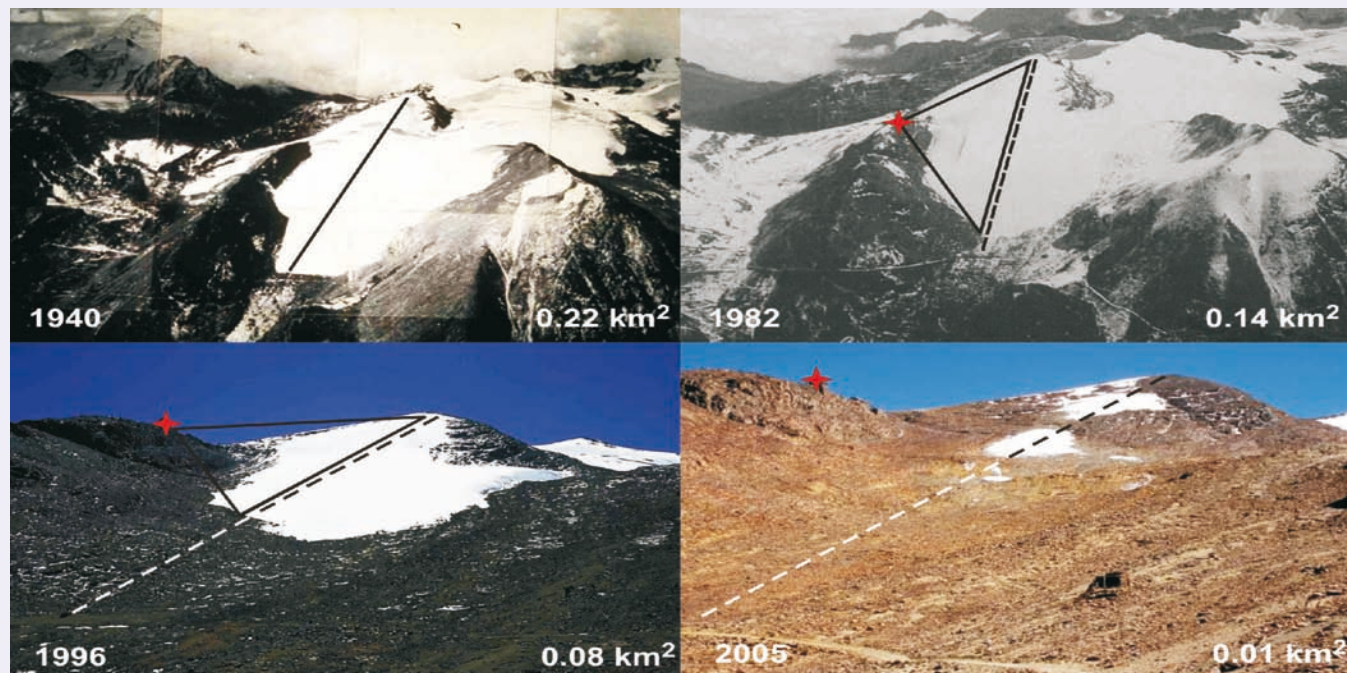


Рис.5.10: Площадь ледника Чакалтая, Боливия, с 1940 по 2005 гг. К 2005 г. ледник разделился на три отчетливые небольшие части. Положение лыжной базы, которая не существовала в 1940 г., обозначено красным крестом. Лыжный подъемник имел длину около 800 м в 1940 г. и около 600 м в 1996 г. (показано сплошной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

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

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

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

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

5.5.3.4 Сельское хозяйство

Некоторые исследования, использующие имитационные модели культур в условиях изменения климата для товарных культур, были выполнены для региона Латинской Америки. Количество людей, находящихся под угрозой голода в соответствии со сценарием выбросов A2 СДСВ, увеличится по проекции на 1 млн в 2020 г. в то время как для 2050 г. изменений не будет, и это количество уменьшится на 4 млн в 2080 г. [РГП, табл. 13.5, 13.4.2]

5.5.3.5 Биоразнообразие

В результате сложной совокупности изменений, включающих изменение осадков и стока в восточной Амазонии и тропических лесах центральной и южной частей Мексики, ожидается, что саванны заменят

тропические леса, а растительность полусухой зоны сменится растительностью засушливой зоны в некоторых северо-восточных районах Бразилии и на большей территории центральной и северной частей Мексики вследствие общего воздействия изменений как в землепользовании, так и изменений климата. К 2050-м гг. 50% сельскохозяйственных земель, весьма вероятно, подвергнутся опустыниванию и засолению в некоторых районах. [РГП, 13.Р, 13.4.1, 13.4.2]

5.5.4 Адаптация и уязвимость

5.5.4.1 Адаптация в прошлом и в настоящее время

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

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

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

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



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

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

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

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

5.5.4.2 Адаптация: практики, варианты и ограничения

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

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

5.6 Северная Америка

5.6.1 Контекст и наблюдаемое изменение

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

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

5.6.2 Проекция изменений и последствия

5.6.2.1 Пресноводные ресурсы

Смоделированный годовой сток в североамериканских водосборных бассейнах меняется в зависимости от

региона, модели общей циркуляции (МОЦ) и сценария выбросов. По проекции, среднегодовое количество осадков уменьшится в юго-западной части США, но увеличится на большей части остальной территории Северной Америки до 2100 г. [РГП, 11.5.3.2; РГП, 14.3.1] Увеличение осадков в Канаде прогнозируется в диапазоне +20% для среднегодового значения и +30% для зимы по сценарию А1В. Некоторые исследования проецируют повсеместное увеличение экстремальных осадков [РГП, 11.5.3.3; РГП, 14.3.1], а также засухи, которые связаны с большей временной изменчивостью осадков. В общем, проекции изменений экстремальных осадков больше, чем изменения среднего количества осадков. [РГП, 10.3.6.1; РГП, 14.3.1]

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

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

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

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

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

5.6.2.2 Энергия

Известно, что производство гидроэлектроэнергии чувствительно к суммарному стоку, его срокам и уровням водохранилища. В период 1990-х гг., например, уровни Великих Озер упали в результате продолжительной засухи, а в 1999 г. производство гидроэлектроэнергии значительно понизилось и на Ниагаре, и Су-Сент-Мари (ССМЕ, 2003). [РГП, 4.2] При потеплении на 2-3°C в бассейне Колумбии

и в районах обслуживания гидроэлектроэнергией Британской Колумбии гидроэлектроснабжение в наихудших водных условиях в период максимальной потребности зимой, *вероятно*, возрастет (*высокая степень достоверности*). Подобным образом, выработка гидроэлектроэнергии на реке Колорадо, *вероятно*, значительно уменьшится (Christensen et al., 2004), равно как и на Великих Озерах (Moulton and Cuthbert, 2000; Lofgren et al., 2002; Mirza, 2004). Более низкие уровни воды в Великих Озерах могут привести к большим экономическим потерям (437-660 млн канадских долл./г), при этом повышение уровней воды приведет к небольшим прибылям (28-42 млн канадских долл./г) (Buttle et al., 2004; Ouranos, 2004). Производство гидроэлектроэнергии в северном Квебеке выиграет, *вероятно*, от большего количества осадков и условий более открытых вод, но гидростанции в южной части Квебека, *вероятно*, будут затронуты более низкими уровнями воды. Последствия изменений в сезонном распределении потоков и в сроках ледообразования неопределенные (Ouranos, 2004). [РГП, 3.5, 14.4.8]

Солнечные ресурсы могут быть затронуты будущими изменениями в облачности, которая может несколько увеличить потенциал солнечной энергии в Северной Америке к югу от 60° с. ш. (на основе многих моделей и сценария выбросов A1B для периода 2080-2099 гг. в сравнение с периодом 1980-1999 гг.). [РГП, рис. 10.10] Пан и др. (Pan et al. (2004)) однако предполагают обратное; увеличение облачности уменьшит потенциальную выработку фотоэлектричества на 0-20% (на основе моделей HadCM2 и RegCM2²⁴ с идеализированным сценарием увеличения CO₂). [РГП, 14.4.8] Потенциал биоэнергии чувствителен к прямым воздействиям изменения климата на рост культур и обеспечение водой для орошения. В соответствии с проекцией, биоэнергетические культуры будут успешно соперничать за сельскохозяйственные площади земли по цене 33 долл. США/10⁶ г, или примерно 1,83 долл. США/10⁹ джоулей (Walsh et al., 2003). Ожидается, что потепление и увеличение осадков позволят биоэнергетической культуре просу эффективно соперничать с традиционными культурами в центральных районах США (на основе модели RegCM2 и удвоения содержания CO₂) (Brown et al., 2000). [РГП, 14.4.8]

5.6.2.3 Здоровье

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

²⁴ См. приложение I в отношении описаний моделей.

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

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

5.6.2.4 Сельское хозяйство

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

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

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

5.6.2.5 Биоразнообразие

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

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

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

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

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

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

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

5.6.3 Адаптация

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

Вставка 5.7: Засуха и изменения климата в бассейне реки Колорадо

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

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

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

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

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

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

С изменением климата, прогнозируемый годовой сток реки Колумбия изменится относительно мало, но в сезонных стоках произойдет заметный сдвиг в сторону увеличения стоков зимой и весной и уменьшения стоков летом и осенью (Hamlet and Lettenmaier, 1999; Mote et al., 1999). Эти изменения стоков, вероятно, совпадут с увеличением спроса на воду в основном из-за регионального прироста, но также и в результате изменения климата. Потеря наличной воды летом усугубит конфликты, уже очевидные в годы межлетних стоков, из-за водных ресурсов (Miles et al. 2000). Также прогнозируется, что изменение климата окажет воздействие на городское водоснабжение в пределах бассейна. Например потепление на 2°C, прогнозируемое на 2040-е гг., увеличит спрос на воду в Портленде, Орегон, на 5,7 млн м³/г с дополнительной потребностью в 20,8 млн м³/г из-за прироста населения, при этом снабжение сократится на 4,9 млн м³/г (Mote et al., 2003). Прогнозы климата на длительный срок все больше учитываются при управлении рекой, но в ограниченном плане (Hamlet et al., 2002; Lettenmaier and Hamlet, 2003; Gamble et al., 2004; Payne et al., 2004). Каждый из 43 бассейнов притока системы имеет свое собственный план управления бассейном в отношении рыбных ресурсов и дикой природы, но ни один из них не рассматривает всесторонним образом проблему уменьшения стоков в летнее время в условиях изменения климата (ISRP/ISAB, 2004).

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

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

Уязвимость Северной Америки зависит от действенности адаптации и распределения возможностей с тем, чтобы справиться с проблемами; и то и другое в настоящее время неоднородно и не всегда защищали уязвимые группы от неблагоприятных воздействий изменчивости климата и экстремальных метеорологических явлений. [РГII, 14.7] США и Канада имеют развитую экономику

с обширной инфраструктурой и сложившимися организациями со значительными региональными и социально-экономическими различиями (NAST, 2000; Lemmen and Warren, 2004). Эти возможности привели к стратегиям адаптации и преодоления проблем в широком диапазоне исторических условий, которые характеризовались как успехами, так и провалами. Большинство исследований стратегий адаптации рассматривают реализацию, исходя из прошлого опыта (Paavola and Adger, 2002). [РГII, 14.5]

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

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

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

- Страховые компании делают инвестиции в научные исследования для предотвращения будущего ущерба от опасных явлений для застрахованного имущества и для коррекции моделей ценообразования (Munich Re, 2004; Mills and Lecompte, 2006). [РГП, 14.2.4]
- Операторы лыжных курортов делают инвестиции в подъемники для подъема на большие высоты и в оборудование для компенсации сокращения снежного покрова (Elsasser et al., 2003; Census Bureau, 2004; Scott, 2005; Jones and Scott, 2006; Scott and Jones, 2006). [РГП, 14.2.4]
- В Нью-Йорке с начала 1980-х гг. общее потребление воды уменьшилось на 27% и потребление на душу населения - на 34% (Нью-Йорк, 2005 г.). [РГП, 14.2.4]
- В районе Лос-Анджелеса программы по стимулированию и информации местных водных округов поощряют сохранение водных ресурсов (MWD, 2005). [РГП, вставка 14.3]
- Имея очень подробную информацию о метеорологических условиях, фермеры вносят поправки в выбор культур и их разновидности, стратегии орошения и применение пестицидов (Smit and Wall, 2003). [РГП, 14.2.4]
- Город Питерборо, Канада, пострадал в течение трех лет от двух наводнений, происходящих раз в 100 лет; реагирование включало промывку дренажных систем и замену магистральных канализационных систем для удовлетворения критериев более экстремальных пятилетних паводков (Hunt, 2005). [РГП, 14.5.1]
- Недавние засухи в шести основных городах США, включая Нью-Йорк и Лос-Анджелес, привели к адаптивным мерам, включающим инвестиции в системы сохранения воды и новые средства водоснабжения / распределения (Changnon and Changnon, 2000). [РГП, 14.5.1]
- Для того, чтобы справиться с увеличением интенсивных осадков на 15%, в Берлингтоне и Оттаве, Онтарио, использовали как строительные, так и нестроительные меры, включая направление водосточных трубопроводов на лужайки для инфильтрации и увеличения накопления воды во впадинах и аккумуляции поверхностного стока (Waters et al., 2003). [РГП, 14.5.1]
- Увеличение населения более чем на 35% (почти один

миллион человек) с 1970 г. повысило водопользование в Лос-Анджелесе только на 7% (California Regional Assessment Group, 2002 г.) в основном благодаря практическим мерам по сохранению воды. [РГП, вставка 14.3]

- Региональный округ центральной части Окананага в Британской Колумбии в 2004 г. выпустил план управления водными ресурсами для планировочной территории, известной как элемент ландшафта Трепанье, где четко рассматриваются климатические сценарии, проекции изменений водоснабжения и спроса, и варианты адаптации (Cohen et al., 2004; Summit Environmental Consultants, 2004). [РГП, вставка 3.1, 20.8.2]

5.7 Полярные регионы

5.7.1 Контекст

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

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

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

5.7.2 Наблюдаемые изменения

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

Влияние атмосферных осадков на сток трудно определить главным образом из-за редкой арктической сети наблюдений за осадками и ее недостатков, но считается, что они медленно увеличиваются, примерно на 1% в десятилетие (McBean et al., 2005; Walsh et al., 2005). В расходе основных арктических рек в зимнее время также наблюдались изменения величины, которые связывались с усилением потепления и зимних осадков в случае реки Лены (Yang et al., 2002; Berezovskaya et al., 2005). Тем не менее, на реках Обь и Енисей, хотя ранее также считалось, что изменение расхода вызвано изменением климата, это было объяснено просто гидроэнергетическим регулированием (Yang et al., 2004a, b). Изменились

также сроки весеннего половодья - доминирующего события для потока арктических рек, но они не были пространственно согласованными за последние 60 лет. При этом на соседних сибирских реках наблюдались тенденции как более ранних (Лена: Yang et al., 2002), так и более поздних сроков (Енисей: Yang et al., 2004b). Дрейфующие пресноводные льды также контролируют сезонную динамику арктических рек и озер, особенно, режимы наводнений, и, хотя не сообщалось об изменении в частоте или масштабе паводков, вызванных льдами, продолжительность существования ледяного покрова уменьшилась на большей части Субарктики (Walsh et al., 2005). [РГІІ, 15.2.1, 15.4.1.1]

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

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

5.7.3 Проекция изменений

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

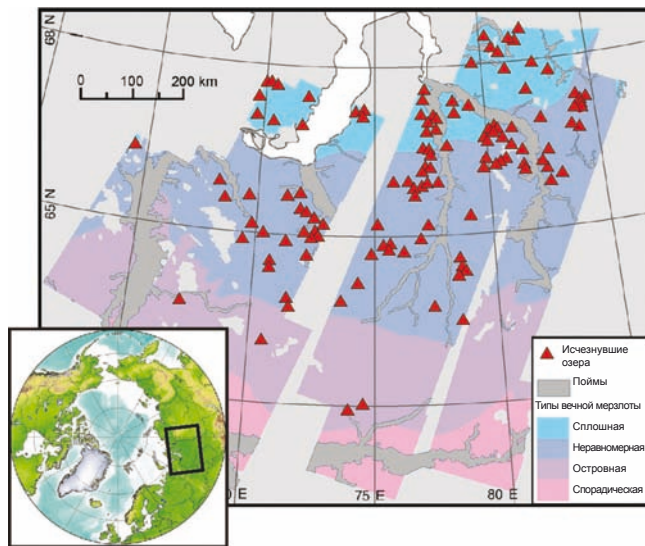


Рис. 5.12: Расположение сибирских озер, которые исчезли после тридцатилетнего периода повышения температуры почвы и воздуха (изменения, наблюдаемые на спутниковых снимках с начала 1970-х гг. по 1997-2004 гг.), наложенные на различные типы вечной мерзлоты. Пространственная структура исчезновения озер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

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

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

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

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

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

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

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

5.7.4 Адаптация и уязвимость

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

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

традиционными видами использования водных ресурсов некоторыми северными народами могут осложнить принятие определенных стратегий адаптации (McBean et al., 2005; Nuttall et al., 2005). [РГII, 15.2.2.2]

5.8 Малые острова

5.8.1 Контекст

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

1. Во всех национальных сообщениях малых островных государств²⁵ подчеркивается неотложный характер деятельности по адаптации и необходимость финансовых ресурсов для поддержки такой деятельности.
2. Пресная вода рассматривается в качестве жизненно важной проблемы во всех малых островных государствах, как в плане качества воды, так и ее количества.
3. Многие малые островные государства, включая все малые островные развивающиеся государства (СИДС), видят необходимость в расширении комплексного планирования и управления водными ресурсами. [РГII, ТДО, глава 17]

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

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

5.8.2 Наблюдаемые климатические тренды и проекции в островных регионах

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

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

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

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

- повышения затрат на испарение,

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

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

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

5.8.2.1 Вода

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

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

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

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

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

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

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

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

Некоторые островные государства, такие, как Мальта (MRAE, 2004), придают особое значение потенциальным

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

5.8.2.2 Энергия

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

5.8.2.3 Здоровье

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

5.8.2.4 Сельское хозяйство

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

изменчивости климата для отдельных островов Тихого океана было обнаружено, что при отсутствии адаптации ежегодный ущерб, наносимый такому возвышенному острову как Вити-Леву (Фиджи) к 2050 г. может составить 23-52 млн долл. США (что эквивалентно 2-3% ВВП Фиджи в 2002 г.), тогда как группа таких низких островов, как Тарава, Кирибати, может столкнуться с ущербом более чем 8-16 млн. долл. США в год (что эквивалентно 17-18% ВВП Кирибати в 2002г.) по сценариям А2 и В2 СДСВ. На многих островах Карибского моря, доля импорта сельскохозяйственной продукции, который сам по себе включает воду, использованную для производства в странах, откуда они импортируются, составляет до 50% в поставках продовольствия. [РГП, 16.4.3]

5.8.2.5 Биоразнообразие

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

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

5.8.3 Адаптация, уязвимость и устойчивость

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

Опасность связывается с ограничением вариантов адаптации к ожидаемым воздействиям изменения климата в условиях неопределенности потенциальных физических воздействий, вызванных климатом. В табл. 5.9 представлено обобщение результатов нескольких исследований на основе сценариев для островной окружающей среды, начиная с настоящего времени

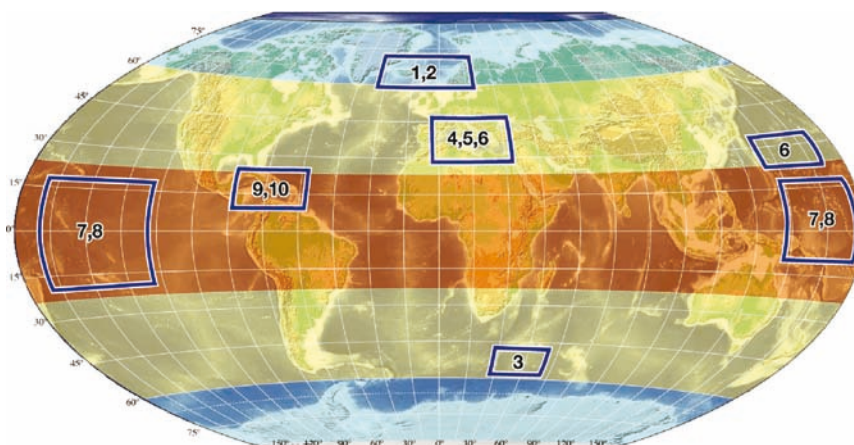
до 2100 г. включительно, т.е., некоторые воздействия уже имеют место. Представлен контекст для других потенциальных воздействий климата, которые могли бы усугубить стрессы, связанные с водой. Источником пороговых величин могут быть социальные, а также экологические процессы. Кроме того, проблема заключается в том, чтобы понять стратегии адаптации, которые были приняты в прошлом, и их выгоды и ограничения для будущего планирования и реализации. [РГП, 16.5]

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

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

В ДО4 МГЭИК определены несколько ключевых областей и пробелы, которые недостаточно представлены в современных научных исследованиях воздействий изменения климата на малые острова. [РГП, 16.7] Они включают:

- роль таких прибрежных экосистем, как мангровые леса, коралловые рифы и пляжи, в обеспечении



* Цифры жирным шрифтом относятся к регионам, определенным на карте

Табл. 5.9: Диапазон будущих воздействий и уязвимостей на малых островах. [РГП, вставка 16.1]

Регион* и система, подвергающаяся риску	Сценарий и ссылка	Изменение параметров	Воздействия и уязвимость
1. Исландия и изолированные арктические о-ва Шпицбергена и Фарерские острова: морская экосистема и виды растений	A1 и B2 СДСВ ACIA (2005)	Проекция повышения температуры	<ul style="list-style-type: none"> Дисбаланс гибели видов и их замены приведет к первоначальному сокращению разнообразия. Распространение в северном направлении карликовых кустарников и растительности с доминированием древесных видов в районы, богатые редкими эндемическими видами, приведет к их гибели. Значительное сокращение или даже полная гибель популяции исландской мойвы приведет к большим отрицательным воздействиям на большую часть запасов промысловых видов рыб, китов и морских птиц.
2. Высокоширотные о-ва (Фарерские острова): виды растений	Сценарий I/II: Повышение/по-нижение температуры на 2°C Fosaa et al. (2004)	Изменения температуры почвы, снежного покрова и повышение градусов-дней	<ul style="list-style-type: none"> Сценарий I: Виды, наиболее затронутые потеплением, ограничены наиболее высокогорными районами. Для других видов воздействие будет в основном ограничено миграцией в более высокогорные районы. Сценарий II: Виды, затронутые похолоданием - это виды на более низких высотах.
3. Субантарктические о-ва Марион: экосистема	Собственные сценарии Smith (2002)	Проекция изменений температуры и осадков	<ul style="list-style-type: none"> Изменения затронут непосредственно местную биоту. Еще большую угрозу представляет тот факт, что более теплый климат повысит легкость, с которой чужеродные виды могут захватить острова.
4. Пять островов Средиземноморского бассейна: Экосистемы	AIF1 и B1 СДСВ Gritti et al. (2006)	Проникновение чужеродных растений по сценариям изменения климата и возмущений	<ul style="list-style-type: none"> Воздействия изменения климата весьма малы во многих моделированных морских экосистемах. Инвазии в островные экосистемы становится растущей проблемой. В долгосрочном плане в экосистемах будут доминировать экзотические растения, независимо от темпов возмущений.
5. Средиземноморье: Перелетные птицы (мухоловки-пеструшки - <i>Ficedula hypoleuca</i>)	Отсутствуют (модель GLM/ STATISTICA) Sanz et al. (2003)	Повышение температуры, изменение уровня воды и вегетационного индекса	<ul style="list-style-type: none"> Некоторые компоненты приспособляемости мухоловки-пеструшки пострадают от изменения климата в двух самых южных европейских размножающихся популяциях, с неблагоприятными воздействиями на репродуктивные результаты мухоловки-пеструшки.
6. Тихий океан и Средиземноморье: Сиамские водоросли (<i>Chromolaena odorata</i>)	Отсутствуют (модель CLIMEX) Kriticos et al.(2005)	Увеличение влаги, стресс, вызванный холодом, теплом и сухостью	<ul style="list-style-type: none"> Тихоокеанские острова под угрозой инвазии сиамских водорослей. Прогнозируется, что средиземноморские районы с полусухим и умеренным климатом недоступны для инвазии.
7. Малые острова Тихого океана: Эрозия берегов, водные ресурсы и поселения человека	A2 и B2 СДСВ Всемирный банк (2000г.)	Изменения температуры и количества осадков и повышение уровня моря	<ul style="list-style-type: none"> Ускоренная эрозия берегов, проникновение соленых вод в пресноводные линзы и увеличение затопления со стороны моря вызовут большие воздействия на поселения человека. Уменьшение осадков вместе с ускоренным повышением уровня моря усугубит угрозу для водных ресурсов; сокращение среднего количества осадков на 10% к 2050г., вероятно, будет соответствовать уменьшению на 20% размеров пресноводных линз на атолле Тарава, Кирибати.

Регион* и система, подвергающаяся риску	Сценарий и ссылка	Изменение параметров	Воздействия и уязвимость
8. Американские о-ва Самоа; 15 других тихоокеанских о-вов: Мангровые леса	Повышение уровня моря на 0,88 м к 2100 г. Gilman et al. (2006)	Проекция повышения уровня моря	• Потеря 50% площади мангровых лесов на американских о-вах Самоа; сокращение на 12% площади мангровых лесов на 15 других тихоокеанских о-вах.
9. Карибское море (о-в Бонайре, Нидерландские Антильские о-ва): Эрозия берегов и среды гнездования черепах	A1.A1FI, B1,A2, B2 СДСВ Fish et al. (2005)	Проекция повышения уровня моря	• В среднем до 38% ($\pm 24\%$ стат. откл.) общих современных взморий могут быть утеряны при повышении уровня моря на 0,5 м, при этом более низкие и узкие взморья являются наиболее уязвимыми, что приведет к сокращению среды гнездования черепах на одну треть.
10. Карибский регион (о-в Бонайре, Барбадос): туризм	Отсутствуют Uyanga et al. (2005)	Изменения морской дикой природы, здоровья, особенностей суши и состояния моря	• Индустрия, основанная на пляжном туризме, на Барбадосе и индустрия экотуризма, базирующаяся на погружениях аквалангистов на о-ве Бонайре, испытают отрицательное воздействие изменения климата из-за эрозии пляжей на Барбадосе и потери цвета кораллами на о-ве Бонайре.

природной защиты от повышения уровня моря и штормов;

- определение реакции высокогорных и внутриматериковых экосистем суши на изменения средней температуры и количества осадков и экстремальной температуры и количества осадков;
- рассмотрение вопроса о том, каким образом товарное сельскохозяйственное производство, лесоводство и рыбное хозяйство, а также натуральное сельское хозяйство, мелкое индивидуальное рыболовство и продовольственная безопасность будут затронуты сочетанием изменения климата и факторов неклиматического характера;
- расширение знаний о болезнях, чувствительных к изменению климата, на малых островах за счет национальных и региональных исследований – не только трансмиссивных болезней, но также кожных,

респираторных болезней и болезней, передающихся через воду;

- учитывая разнообразие «типов островов» и местоположений, определение наиболее уязвимых систем и секторов в соответствии с типами островов.

В отличие от других регионов в этой оценке также отсутствуют надежные демографические и социально-экономические сценарии и проекции для малых островов. В результате, будущие изменения социально-экономических условий на малых островах недостаточно хорошо представлены в существующих оценках. Например без адаптации или смягчения последствий воздействия повышения уровня моря, более интенсивные штормы и другие изменения климата [РГП, 6.3.2] будут существенными, что позволяет предположить, что некоторые острова и низменные районы могут стать непригодными для жизни к 2100 г. [РГП, 16.5]

