

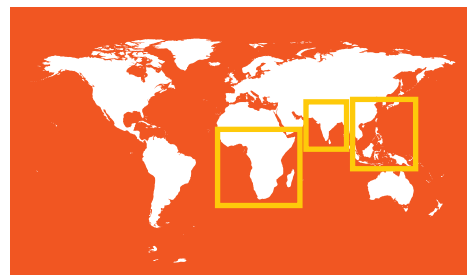
4 Убавьте тепла

Экстремальные климатические
явления, воздействие
на регионы и необходимость
повышения устойчивости



4° Убавьте тепла

Экстремальные климатические
явления, воздействие
на регионы и необходимость
повышения устойчивости



Июнь 2013 г.

Доклад для Всемирного
банка, подготовленный
Потсдамским институтом
исследований изменения климата
и климатической аналитики



© 2013 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank
1818 H Street NW
Washington DC 20433
Telephone: 202-473-1000
Internet: www.worldbank.org

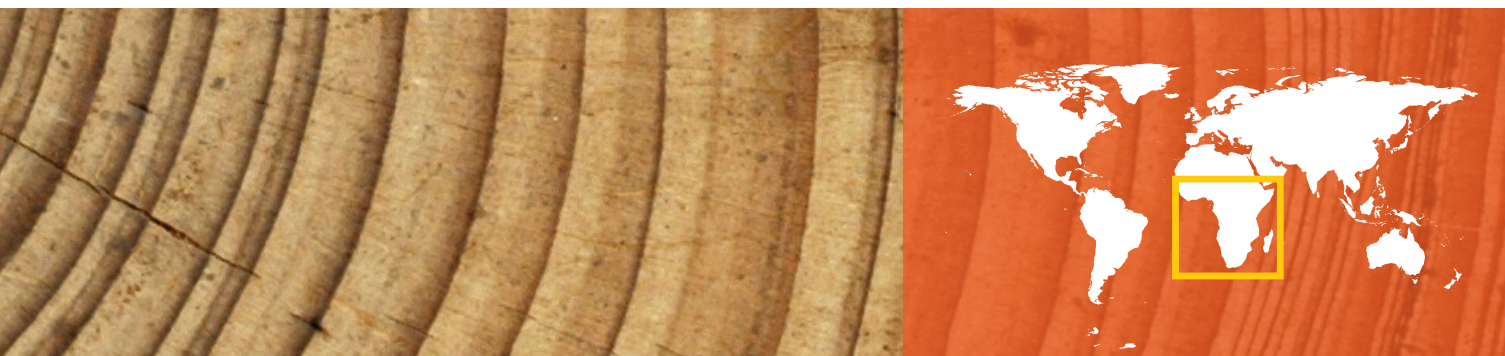
This report was prepared for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics.
The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent.

The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this commissioned work.
The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

Rights and Permissions

The material in this work is subject to copyright. Because the World Bank encourages dissemination of its knowledge, this work may be reproduced, in whole or in part, for noncommercial purposes as long as full attribution to this work is given.

Any queries on rights and licenses, including subsidiary rights, should be addressed to the Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2422; e-mail: pubrights@worldbank.org.



Африка к югу от Сахары: под угрозой производство продуктов питания

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕГИОНЕ

Африка к югу от Сахары – быстроразвивающийся регион, в котором в 49 странах живут более 800 миллионов человек и который характеризуется необычайным экологическим, климатическим и культурным многообразием. Согласно прогнозам, к 2050 году население региона будет составлять от 1,5 до 1,9 миллиарда человек. При глобальном потеплении на 4°C повышение уровня моря может составить до 100 см. Ожидается, что засухи станут более вероятными в центре и на юге африканского континента, а беспрецедентно высокие экстремальные температуры будут наблюдаться на все более значительной территории суши. Прогнозы также говорят о том, что увеличение годового количества осадков становится более вероятным на Африканском Роге и в некоторых частях Восточной Африки, причем это увеличение будет происходить в периоды интенсивных дождей, а не равномерно, не на протяжении всего года, что повышает риск наводнений.

Более высокое содержание двуокси углерода в атмосфере может ускорить перемещение многих видов в экосистемах саванн из зон с травянистой растительностью в зоны, где преобладают древесные растения, в результате чего станет меньше травяного корма для скота, и под угрозой окажутся пастбищные угодья и источники средств к существованию местного населения. Ожидается, что изменение климата окажет отрицательное воздействие в первую очередь на растениеводство, пастбищное животноводство и рыбный промысел, подвергнув эти сектора серьезному риску. Кроме того, это может существенно осложнить задачи обеспечения продовольственной безопасности и искоренения бедности.



Риску, связанному с изменением климата, подвержено также пастбищное животноводство, на которое повлияют такие факторы, как экстремально высокие температуры, нехватка воды, рост заболеваемости и ограниченность корма. По мере потепления воды популяции морских рыб мигрируют в более высокие широты, в результате чего потенциальный улов может сократиться, что лишь усугубит и без того весьма сильное отрицательное воздействие чрезмерного вылова рыбы на экосистемы.

Прогнозируются беспрецедентно высокие экстремальные температуры на все более значительной территории суши, что отрицательно повлияет на производство продуктов питания, экосистемы и здоровье людей. Кроме того, ожидается как прямое, так и косвенное воздействие на здоровье населения, а ускорение процесса урбанизации под воздействием дополнительных факторов, связанных с изменением климата, по всей вероятности, лишь усугубит проблему уязвимости.

Наблюдаемые климатические тренды и прогнозируемые изменения климата на период до 2100 года

Изменение климата оказывает давление на экосистемы и важнейшие сектора экономики стран Африки к югу от Сахары, что будет иметь весьма негативные последствия для населения, чья жизнь зависит от этих экосистем и секторов.

Осадки

Что касается осадков, регион характеризуется высокой межгодовой и междекадной изменчивостью количества осадков, а долгосрочные тенденции прослеживаются не столь явно и неодинаковы в разных регионах. Например, в последние сто лет в Западной Африке наблюдается сокращение среднегодового количества осадков, в то время как в Сахеле на протяжении последнего десятилетия количество осадков увеличилось. На юге Африки и в зоне тропических лесов вообще трудно проследить какой-либо долгосрочный тренд. Однако межгодовая изменчивость повысилась. В некоторых частях юга Африки засухи и дожди стали более интенсивными. За последние десятилетия увеличилось количество осадков в некоторых частях Восточной Африки, что свидетельствует об изменении направления тренда, наблюдавшегося на большей части региона на протяжении последнего столетия, на прямо противоположное.

При потеплении на 2°C существующие различия между регионами в плане наличия водных ресурсов, вероятно, станут более значительными. Например, увеличение среднегодового количества осадков прогнозируется в основном в районах Африканского Рога (что окажет как положительное, так и отрицательное воздействие), в то время как в некоторых частях юга и запада Африки интенсивность осадков и пополнения грунтовых вод может сократиться на 50–70 процентов. При потеплении на 4°C годовое количество осадков на юге Африки может уменьшиться на величину, составляющую до 30 процентов, в Восточной Африке, согласно прогнозам, составленным с использованием целого ряда моделей, климат станет более влажным, чем сегодня, что приведет к общему снижению риска засухи.

Однако в том, что касается прогнозов относительно осадков, необходимы некоторые важные оговорки. Во-первых, многое еще остается невыясненным, особенно применительно к восточной и западной частям континента. Во-вторых, даже если среднегодовое количество осадков увеличится, это увеличение будет происходить в периоды более интенсивных дождей, а не равномерно, не на протяжении всего года¹. Кроме того, согласно прогнозам, вероятность засух повысится в южной и центральной частях Африки. Согласно используемым в настоящем докладе моделям, «вероятным» считается событие, если степень его вероятности превышает 66 процентов.

Температура

Результаты замеров температуры, производимых начиная с 1960-х годов, свидетельствуют о том, что наметилась тенденция потепления, которая продолжается по сей день, причем количество теплых периодов увеличилось на юге и западе Африки. Результаты последних исследований позволяют проследить заметное потепление под воздействием антропогенных факторов на всей территории Африки и экстремально высокие температуры в южной части континента, начиная с 1961 года. Согласно прогнозам, тренд потепления в летние месяцы будет в основном равномерно распределяться по всему региону. При глобальном потеплении на 4°C и относительно 30-летнего базового периода (1951–80), к 2100 году месячное повышение летней температуры в Африке к югу от Сахары, согласно прогнозам, достигнет 5°C сверх базовой температуры. При глобальном потеплении на 2°C к 2050 году повышение температуры в летние месяцы, согласно прогнозам, достигнет своего пика – порядка 1,5°C сверх базовой температуры.

По мере повышения среднемировой температуры, необычные и беспрецедентные экстремально высокие

¹ Степень неопределенности особенно высока применительно к Восточной Африке, поскольку есть сомнения насчет того, насколько точно глобальные климатические модели отражают динамику дождливых сезонов в этом регионе, а также потому, что более высокоточные региональные климатические модели не воспроизводят увеличение количества осадков, прогнозируемое большинством глобальных моделей, а, скорее, противоречат этим прогнозам. Риск засух обусловлен периодами аномально низких осадков или аномального потепления, либо того и другого, однако на степень этого риска влияют также другие климатические переменные, такие как скорость ветра и инсоляция. Составленные с использованием климатических моделей прогнозы относительно потепления, как правило, характеризуются меньшей неопределенностью, и существуют различия между регионами в том, что касается неопределенности прогнозов относительно осадков. Наименьшая неопределенность прогнозов относительно засухи характерна для юга Африки (что в основном обусловлено потеплением). Степень неопределенности немного выше по центральной части Африки (в силу менее ярко выраженных признаков изменения), а самая высокая степень неопределенности сохраняется по Западной Африке (где наблюдаются существенные различия между моделями в том, что касается изменений в осадках, как по знаку, так и по величине).

температуры² станут более частыми в летние месяцы. Ко времени, когда в 2030-е годы глобальное потепление достигнет 1,5°C, экстремально высокие температуры, которые считаются необычными и практически отсутствуют в настоящее время, будут покрывать более одной пятой территории суши в летние месяцы в Южном полушарии. К этому же времени беспрецедентные месячные экстремально высокие температуры могут охватывать до 5 процентов территории суши. При потеплении на 2°C месячные экстремально высокие температуры, которые считаются необычными и практически отсутствуют в регионе в настоящее время, согласно прогнозам, будут покрывать почти 45 процентов территории суши к 2050-м годам, а беспрецедентные экстремально высокие температуры, как ожидается, будут покрывать до 15 процентов территории суши в летние месяцы. Когда к концу столетия глобальное потепление достигнет примерно 4°C, необычные экстремально высокие температуры в летние месяцы, согласно прогнозам, будут охватывать большую часть территории суши (85 процентов), а беспрецедентные экстремально высокие температуры – более 50 процентов.

Вероятные физические и биофизические последствия прогнозируемых климатических изменений

Прогнозируемые изменения в характере и количестве осадков, температуре и периодичности и/или

интенсивности экстремальных явлений как напрямую, так и косвенно повлияют на повышение уровня моря, засухливость, урожайность культур и пастбищное животноводство, в результате чего пострадает население.

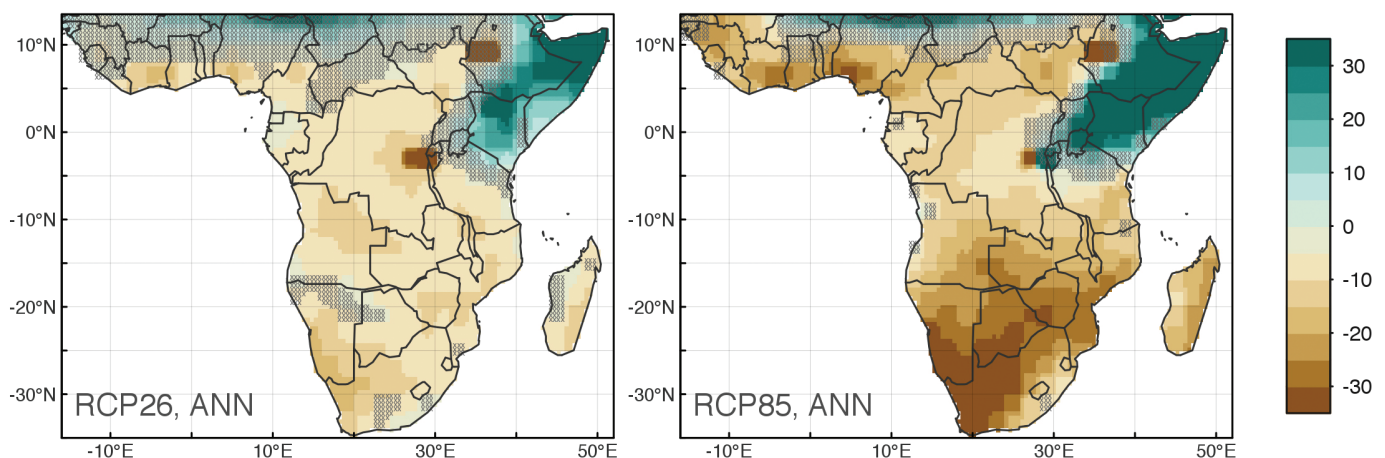
Прогнозируемые тенденции засухливости

Согласно прогнозам, под воздействием изменений в температурном режиме и количестве осадков характер и динамика засухливости³ будут меняться в пределах общей

² В настоящем докладе необычные и беспрецедентные экстремально высокие температуры определяются на основе пороговых величин исторической изменчивости климата в конкретном месте. Поэтому абсолютное значение пороговой величины зависит от естественной межгодовой изменчивости на протяжении базового периода (1951–1980), которая обозначается стандартным отклонением (сигма). Необычные экстремально высокие температуры определяются, как три стандартных отклонения (3 сигмы). При обычном распределении 3 стандартных отклонения наблюдаются раз в 740 лет. Такими событиями были аномальная жара в США в 2012 году и аномальная жара в России в 2010 году. Беспрецедентные экстремально высокие температуры определяются, как пять стандартных отклонений (5 сигм). Такие явления наблюдаются раз в несколько миллионов лет. Месячные данные о температурах не обязательно имеют нормальное распределение (например, распределение может иметь «вытянутый хвост», когда случаи повышения температур более вероятны), а периодичность может отличаться от той, которая ожидается при нормальном распределении. Тем не менее, отклонения в 3 сигмы весьма маловероятны, а отклонения в 5 сигм почти наверняка до сих пор никогда не происходили.

³ Засухливость – это структурный дефицит осадков, т.е. нехватка дождевых осадков, необходимых для произрастания растительного покрова и/или выращивания культур. Потенциально она может определяться механизмом положительной

Рисунок 3.1: Африка к югу от Сахары. Рассчитанное с использованием нескольких моделей среднее значение показателя засухливости при потеплении на 2°C (слева) и на 4°C (справа) в Африке к югу от Сахары к 2071–2099 годам по сравнению с периодом с 1951 по 1980 год



В незаштрихованных участках 4/5 моделей (80 процентов) согласуются. В заштрихованных участках 2/5 моделей не согласуются. Следует отметить, что отрицательное изменение означает, что условия стали более засушливыми. Наибольшая неопределенность сохраняется по Восточной Африке, где региональная климатическая модель прогнозирует увеличение количества осадков, что может быть связано со снижением индекса аридности (см. также сноску 2). Снижение этого показателя необязательно означает более благоприятные условия для растениеводства и животноводства, поскольку оно может быть обусловлено повышением риска наводнений.

территории, классифицируемой как засушливая, а размеры этой территории будут увеличиваться. Прогнозируется увеличение площади засушливых регионов, особенно в южной части Африки, а также в некоторых частях Западной Африки. Общая площадь сверхзасушливых и засушливых районов, согласно прогнозам, увеличится на 10 процентов по сравнению с периодом с 1986 по 2005 год. Там, где засушливость повысится, урожайность культур, скорее всего, снизится, поскольку сократится продолжительность вегетационного периода. Менее засушливый климат прогнозируется в Восточной Африке, однако это не уравнивает повышение засушливости в других частях континента.

Повышение уровня моря

Согласно прогнозам, в тропиках и субтропиках повышение уровня моря будет более значительным, чем среднемировой показатель. При потеплении на 1,5°C к 2060 году прогнозируется повышение уровня моря на 50 см в тропических прибрежных районах Африки к югу от Сахары, а при более значительном потеплении возможно дальнейшее повышение. При потеплении на 2°C уровень моря, согласно прогнозам, может повыситься на 70 см к 2080-м годам, причем ближе к югу это повышение будет более значительным. При потеплении на 4°C к 2090-м годам прогнозируется повышение уровня моря на 100 см. Различия между темпами и величинами повышения уровня моря при потеплении на 2°C и 4°C к 2100 году становятся более заметными, поскольку при более значительном потеплении уровень моря продолжает повышаться, в то время как при потеплении на 2°C он стабилизируется. Прогнозируемое повышение уровня моря при 4°C увеличивает процент населения Гвинеи-Биссау и Мозамбика, подверженного риску наводнений, примерно на 15 процентов к 2100 году, по сравнению с приблизительно 10 процентами, согласно прогнозам, при которых уровень моря не повышается. В Гамбии доля населения, которому угрожает риск наводнения, может увеличиться в несколько раз до 10 процентов к 2070 году.

Последствия для конкретных секторов и областей деятельности

Экосистемы

Площадь пастбищных угодий в саваннах может сократиться, что повлияет на пастбищное животноводство

обратной связи. В регионах, где почва пересыхает из-за нехватки осадков, тепло уже не может преобразовываться в скрытое тепло, и все тепло повышает температуру поверхности почвы. Это дополнительное нагревание почвы повышает потребность растений в испарении и обостряет проблему дефицита осадков.

и жизнь местного населения. Согласно прогнозам, к тому времени, когда глобальное потепление достигнет 3°C, площадь саванн, в настоящее время составляющая около одной четверти общей площади всех земель, сократится приблизительно до одной седьмой части, в результате чего станет меньше корма для пастбищных животных. Согласно прогнозам, изменения в климатических условиях и повышение содержания двуокиси углерода (CO₂) в атмосфере сыграют определенную роль в изменениях режима африканских экосистем, что повлияет на их видовой состав. Из-за обогащения атмосферы двуокисью углерода деревья могут вытеснить из саванн не выносящие тени, или светлюбивые травы, в результате чего станет меньше пастбищ, а значит и корма для домашнего скота и других животных. Пока неясно, ограничит ли отрицательное воздействие повышения интенсивности и частоты засух на деревья такое увеличение площади лесов. В связи с изменениями в температурном режиме и степени изменчивости осадков, начиная с 1950-х годов в западной части Сахеля густота древостоя снизилась на 20 процентов.

Сельскохозяйственное производство

Несколько признаков указывают на то, что урожайность культур и производство продуктов питания подвергаются серьезному риску, что может отрицательно повлиять на продовольственную безопасность при потеплении на 1,5–2°C, причем при более значительном потеплении риск возрастает.

- Наблюдаются пороги **чувствительности к высокой температуре** некоторых важных культур, таких как кукуруза, пшеница и сорго, и при превышении этих порогов происходит значительное снижение урожайности. Например, интенсивность фотосинтеза (фактор, имеющий решающее значение для роста и урожайности) культур, таких как пшеница и рис, достигает максимума при температуре от 20 до 32°C. В четвертом Докладе об оценке МГЭИК (ДО4 МГЭИК) за 2007 год было отмечено, что даже небольшое повышение (на 1–2°C) может отрицательно повлиять на урожайность основных зерновых культур, таких как пшеница, кукуруза и рис; при дальнейшем потеплении отрицательное воздействие будет лишь усиливаться, в результате чего урожайность пшеницы в регионах, расположенных в низких широтах, снизится приблизительно на 50 процентов в случае повышения средней температуры в этих регионах примерно на 5°C. Поскольку при потеплении на 2°C и 4°C превышение этих пороговых величин происходит чаще, существует вероятность сильных потрясений в виде резкого сокращения объема производства.
- **Сокращение площади земель, пригодных для сельскохозяйственного использования.** Потепление на 1,5–2°C к 2030–40-м

Таблица 3.1: Краткое описание последствий изменения климата и связанных с этим рисков в Африке к югу от Сахары^a

Риск/Последствие		Наблюдаемые уязвимость или изменение	Приблизительно на 1,5°C ^{b,c} (≈2030-e ^d)	Около 2°C (≈2040-e)	Около 3°C (≈2060-e)	Около 4°C (≈2080-e)
Экстремальная жара* (в летние месяцы в Южном полушарии)	Необычная экстремальная жара	Практически отсутствует	20–25 процентов суши	45 процентов суши	70 процентов суши	>85 процентов суши
	Беспрецедентная экстремальная жара	Отсутствует	<5 процентов суши	15 процентов суши	35 процентов суши	>55 процентов суши
Засуха		С 1950 года наблюдается тенденция учащения случаев	Повышение риска засухи в южной, центральной и западной частях Африки. Понижение риска засухи в Восточной Африке, однако прогнозы по Западной и Восточной Африке неточны	Вероятный риск сильной засухи в южной и центральной частях Африки, повышенный риск в Западной Африке, вероятное понижение риска в Восточной Африке, однако прогнозы по Западной и Восточной Африке неточны	Вероятный риск экстремальной засухи в южной части Африки и сильной засухи в центральной части Африки, повышенный риск в Западной Африке, понижение риска в Восточной Африке, однако прогнозы по Западной и Восточной Африке неточны	Вероятный риск экстремальной засухи в южной части Африки и сильной засухи в центральной части Африки, повышенный риск в Западной Африке, понижение риска в Восточной Африке, однако прогнозы по Западной и Восточной Африке неточны
Засушливость		Климат становится более засушливым	Существенных изменений не ожидается	Площадь сверхзасушливых и засушливых территорий увеличивается на 3 процента		Площадь сверхзасушливых и засушливых территорий увеличивается на 10 процентов. Общая площадь засушливых и полужасушливых территорий увеличивается на 5 процентов
Повышение уровня моря по сравнению с нынешним периодом (1985–2005)		Примерно на 21 см к 2009 ^f	30 см ^g –2040-е 50 см – 2070-е 70 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2070-е 70 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2060-е 90 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2060-е 105 см – к 2080–2100

^a Более полная таблица последствий и факторов риска по Африке к югу от Сахары представлена в конце Главы 3.

^b Среднемировое повышение по сравнению с доиндустриальным уровнем.

^c Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен при инерционном сценарии, согласно которому климат потеплеет более чем на 4°C к 2080-м годам.

^d Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен с 50-процентной или более высокой вероятностью (обычно в начале десятилетия) при инерционном сценарии (сценарий PRRK8.5). Превышение с определенной степенью вероятности (>66 процентов) обычно происходит во второй половине указанного десятилетия.

^e Указаны средние значения экстремально высокой температуры, спрогнозированные с использованием разных климатических моделей.

Примерная область неопределенности применительно к разным моделям (от минимальной до максимальной) при потеплении на 4°C составляет от 70 до 100 процентов по необычайно высоким температурам и от 30 до 100 процентов по беспрецедентным экстремально высоким температурам. Максимальная частота экстремально высоких температур в обоих случаях превышает 100 процентов, поскольку на этом уровне происходит насыщение значений показателей.

^f Выше приблизительно рассчитанного среднемирового значения уровня моря в 1880 году.

^g Прибавляются 20 см, чтобы приблизительно рассчитать повышение по сравнению с доиндустриальным уровнем.

годам может привести к тому, что от 40 до 80 процентов земель, на которых в настоящее время выращиваются кукуруза, просо и сорго, окажутся непригодными для возделывания нынешних сортов. При потеплении на 3°C эти площади могут сократиться более, чем на 90 процентов.

- В краткосрочной перспективе ожидается **существенное снижение урожайности** при относительно незначительном потеплении. При потеплении на 1,5–2°C прогнозируется снижение урожайности в среднем примерно на 5 процентов, а при потеплении на 2–2,5°C эта величина достигает в среднем порядка

–15 процентов (от –5 до –27 процентов)⁴. Есть данные, свидетельствующие о том, что при потеплении на 3–4°C урожайность всех культур и во всех регионах может снизиться примерно на 15–20 процентов, хотя результатов исследований, в рамках которых приблизительно рассчитывалось потенциальное воздействие на урожайности, не так много.

- Согласно прогнозам, при потеплении примерно на 1,8°C **объем производства сельскохозяйственных культур в расчете на душу населения** сократится на 10 процентов по сравнению со сценарием, при котором климат не меняется. При более существенном сокращении, прогнозируемом в случае более значительного потепления, этот риск может повыситься, однако количественно это пока не определено. Ожидается, что из-за воздействия климата на наличие кормов и теплового стресса пострадает также **объем производства продукции животноводства**.
- **Возможности для диверсификации пастбищного животноводства** (например, переход на лесопастбищное животноводство, выращивание кормовых культур на орошаемых землях и смешанные системы, объединяющие растениеводство и животноводство), вероятно, будут становиться более ограниченными, по мере того как климатические изменения приведут к снижению «емкости» пастбищных угодий и производительности животноводства. В прошлом животноводство уже не раз страдало от засух. Например, на юге Эфиопии животноводы лишились почти 50 процентов крупного рогатого скота и около 40 процентов овец и коз в результате засух в период с 1995 по 1997 год.
- Эффект **обогащения атмосферы двуокисью углерода (CO₂)** остается не до конца изученным. Сильная положительная реакция культур на повышение содержания CO₂ в атмосфере может способствовать смягчению воздействия, связанного с изменениями температуры и количества осадков. Однако важные культуры, в том числе кукуруза, сорго и африканское просо, которые относятся к числу основных африканских культур, не особо чувствительны к концентрации CO₂ в атмосфере. Кроме того, интенсивность проявления этих эффектов до конца не определена, если сравнить ее с результатами экспериментов по обогащению атмосферного воздуха двуокисью углерода (FACE)⁵ поскольку эффекты обогащения, использованные в различных моделях, по всей видимости, преувеличены. При устойчивом обогащении атмосферы двуокисью углерода наблюдается уменьшение питательной ценности зерна в расчете на единицу массы.

Рыбные ресурсы

Согласно прогнозам, в некоторых регионах под угрозой окажутся средства к существованию населения, зависящего от рыбных ресурсов и других важных компонентов экосистемы, поскольку существует вероятность исчезновения важнейших видов. Возможный улов у берегов

Западной Африки, где рыба обеспечивает до 50 процентов потребляемого животного белка, может сократиться на целых 50 процентов к 2050-м годам (по сравнению с тем, что было в 2000 году). В других регионах, например, у восточного и юго-восточного берегов Африки к югу от Сахары, потенциально возможный улов, согласно прогнозам, может увеличиться.

Здоровье населения

Неполноценное или недостаточное питание может оказать существенное вторичное воздействие на состояние здоровья населения, поскольку оно может быть причиной замедленного роста детей или повышения заболеваемости. При потеплении на 1,2–1,9°C в результате снижения урожайности и ухудшения качества питания доля недоедающего населения может составить от 15 до 65 процентов, в зависимости от субрегиона. Однако если предположить, что климат не меняется, процент детей, страдающих от умеренного замедления роста, согласно прогнозам, не будет существенно отличаться от нынешних показателей (21–30 процентов в целом по региону), а доля детей, страдающих от серьезного замедления роста, должна сократиться на 40 процентов.

Обобщение последствий изменения климата в Африке к югу от Сахары

Африке к югу от Сахары угрожают целый ряд климатических рисков, которые могут иметь далеко идущие последствия для обществ и экономических систем африканских стран. Даже если потепление будет ограничено 2°C, существуют весьма серьезные риски, которые будут усиливаться, по мере того как потепление будет приближаться к 4°C.

Согласно прогнозам, изменение климата увеличит масштабы бедности и повысит риск заболеваемости

Масштабы **бедности** в регионе могут еще больше увеличиться под воздействием климатических факторов, поскольку изменение климата часто несоразмерно сильнее влияет на бедные семьи, чьи источники дохода в значительной степени зависят от климатических условий, а значительный процент населения все еще зависит от сельскохозяйственного сектора, который остается для многих

⁴ Этот диапазон представлен по следующим культурам: просо, сорго, пшеница, маниок и арахис.

⁵ В рамках таких экспериментов (FACE) измеряется эффект повышенной концентрации CO₂ в атмосферном воздухе, так что в традиционных лабораторных условиях исключаются факторы, которые могут повлиять на результаты эксперимента.

людей главным источником дохода и продовольственной безопасности. При потеплении меньше, чем на 2°C появляются серьезные риски, угрожающие производству продуктов питания и продовольственной безопасности в регионе. Эти факторы риска становятся еще более существенными, если не принимаются надлежащие меры по адаптации к изменению климата, а эффект обогащения атмосферы двуокисью углерода оказывается недостаточным. По некоторым оценкам, в результате серьезных потрясении в виде резкого сокращения объема производства продуктов питания в Малави, Уганде и Замбии уровень бедности повысился на целый процент. По мере того как уровень потепления будет приближаться к 4°C, воздействие на сектора будет усиливаться.

Неполноценное питание, как одно из последствий воздействия изменения климата на производство продуктов питания, еще больше повышает восприимчивость к заболеваниям, что усугубляет риски, угрожающие здоровью населения стран региона. Замедление роста в результате неполноценного питания чревато снижением когнитивных способностей и школьной успеваемости детей. Прогнозируемое снижение урожайности и отрицательное воздействие на производство продуктов питания, в результате чего снижаются реальные доходы, обостряет проблемы плохого здоровья и неполноценного питания. Поскольку в условиях изменения климата прогнозируется ухудшение ситуации в плане заболеваемости малярией и другими болезнями, можно ожидать отрицательного воздействия на показатели образования детей.

К числу **заболеваний**, которые могут быть одним из последствий изменения климата и представлять угрозу для стран Африки к югу от Сахары, относятся трансмиссивные заболевания и заболевания, передаваемые посредством воды, такие как малярия, лихорадка долины Рифт (ЛДР) и холера. Ожидается, что риск этих заболеваний будет повышаться, по мере того как изменения в температурном режиме, характере и количестве осадков будут увеличивать территорию районов, где условия благоприятствуют распространению разносчиков заболеваний и патогенных факторов. Ожидается, что изменение климата повлияет также на показатели смертности и заболеваемости в связи с экстремальными природными явлениями, такими как наводнения и аномальная жара.

Ожидается, что изменение климата будет представлять угрозу для городского развития, инфраструктуры и образования

Наметившийся процесс **урбанизации** в странах Африки к югу от Сахары может ускориться из-за стресс-факторов,

воздействию которых может подвергнуться сельское население в условиях изменения климата. Ожидается, что это давление усилится отчасти из-за воздействия на сельскохозяйственное производство, в котором в настоящее время занято 60 процентов работающего населения региона. Миграция в города может предоставить новые возможности и средства к существованию, однако вместе с тем она подвергает мигрантов новым факторам риска. Условия, характерные для бедных городских районов, в том числе перенаселенность и ограниченность доступа к водоснабжению и канализации, способствуют распространению трансмиссивных заболеваний и заболеваний, передаваемых посредством воды. Поскольку многие города расположены в прибрежных районах, они подвержены наводнениям при повышении уровня моря. Беднейшие городские жители, как правило, живут в уязвимых районах, расположенных в зонах затопления и на крутых склонах, что подвергает их еще большему риску в случае экстремальных погодных явлений. В этих районах могут ощущаться последствия того, что происходит даже довольно далеко от городов. Например, от повышения цен на продовольствие в результате резкого сокращения объема сельскохозяйственного производства страдают прежде всего городские жители.

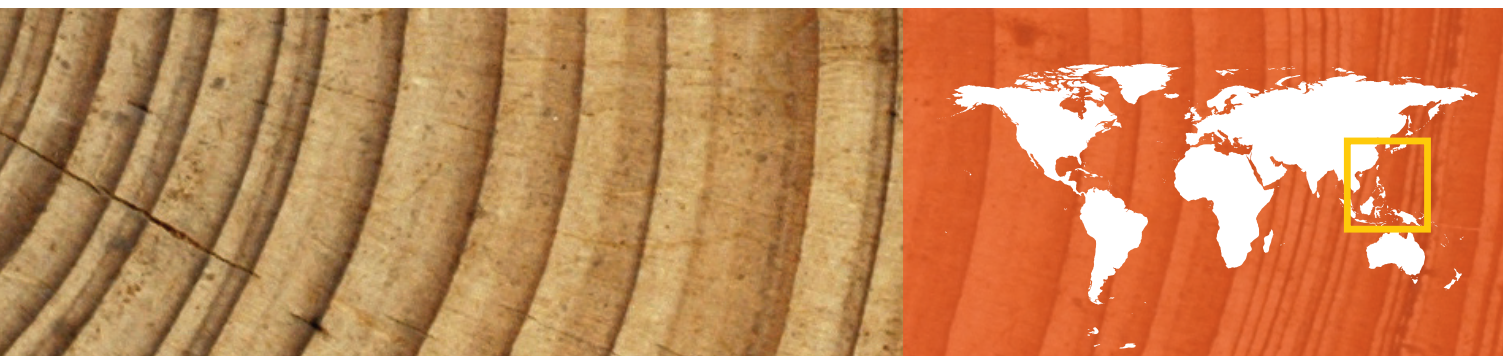
Последствия повышения уровня моря для **инфраструктуры** могут повлиять на человеческое и экономическое развитие, в том числе на здоровье людей, на инфраструктуру портов и туризм. Например, в 2009 году в результате наводнений в дельте р. Тана в Кении около 100 тысяч местных жителей оказались отрезанными от медицинского обслуживания. Повышение уровня моря на 70 см к 2070 году может причинить ущерб портовой инфраструктуре в столице Танзании г. Дар-эс-Салам, который является одним из центров международной торговли. Под угрозой окажутся активы общей стоимостью в 10 млрд долл. США, т.е. более 10 процентов ВВП города (Kebede and Nicholls 2011). Столь масштабный ущерб, причиненный порту Дар-эс-Салама, может иметь еще более значительные экономические последствия, поскольку этот морской порт обслуживает также несколько соседних стран, не имеющих выхода к морю.

Есть данные, указывающие на то, что изменение климата может повлиять на возможности для удовлетворения потребностей детей в образовании в особо уязвимых регионах. Прогнозируемое снижение урожайности и отрицательное воздействие на производство продуктов питания приведут к ухудшению состояния здоровья населения и обострят проблему неполноценного питания, а малярия и другие заболевания, которые, как ожидается,

станут более распространенными в условиях изменения климата, могут оказать неблагоприятное воздействие на школьную успеваемость детей. Прогнозируемое повышение экстремально высоких среднемесячных температур на протяжении ближайших нескольких десятилетий также может отрицательно повлиять на условия обучения.

Можно ожидать, что в целом население стран Африки к югу от Сахары окажется перед лицом проблем, связанных с усилением давления на системы производства продуктов питания, и рисков, связанных с повышением температуры, экстремальной жарой, засухами, изменениями в характере и количестве осадков, повышением уровня моря и другими экстремальными явлениями. Воздействие на здоровье населения, вероятно, усилится, и, усугубляемое высоким процентом населения, страдающего от неполноценного питания, может иметь далеко идущие и долгосрочные последствия для человеческого развития.

Ожидается, что значительное снижение урожайности при потеплении всего лишь на 2°C окажет сильное воздействие на продовольственную безопасность уязвимых групп населения, в том числе во многих растущих городах. Эти и другие факторы воздействия на инфраструктуру в совокупности могут отрицательно повлиять на экономический рост и сокращение масштабов бедности в регионе. Согласно прогнозам, потепление на 4°C приведет к существенному снижению урожайности, что будет иметь весьма неблагоприятные последствия в плане продовольственной безопасности, засухи станут гораздо более серьезными, а экстремальная жара еще более сильной, водные ресурсы станут более ограниченными, а важным экосистемам будет причинен существенный ущерб. Все это может оказать в значительной степени отрицательное воздействие на людей и их жизнедеятельность и крайне отрицательно повлиять на развитие региона.



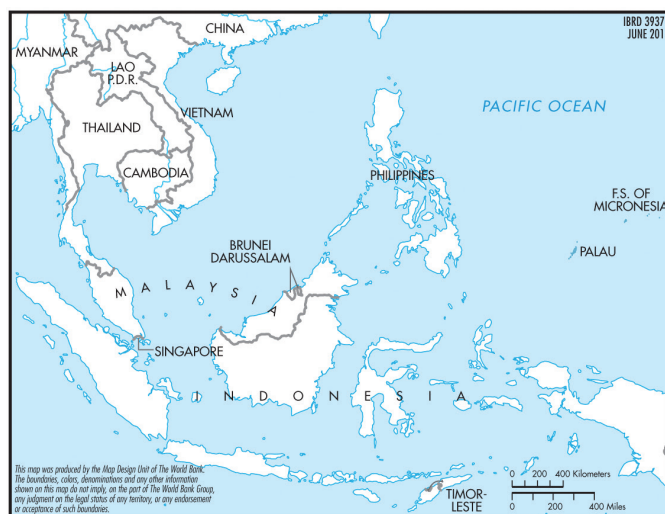
Юго-Восточная Азия: Под угрозой прибрежные зоны и производительность

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕГИОНЕ

В настоящем докладе Юго-Восточной Азией называется регион, включающий 12 стран⁶, в которых в 2010 году жили около 590 млн человек. Согласно прогнозам, к 2050 году население региона составит около 760 миллионов человек, из которых 65 процентов будут жить в городах. Население стран региона сконцентрировано в прибрежных районах.

При потеплении на 1,5–2°C прогнозируется существенное воздействие на регион. Под угрозой оказываются коралловые рифы, что может причинить вред туризму и рыбным ресурсам, от которых во многом зависит жизнь населения прибрежных районов. Повышение уровня моря в районах, расположенных в дельтах рек, представляет угрозу для сельскохозяйственного производства. Так, к 2040-м годам в результате повышения уровня моря на 30 см производство риса в дельте р. Меконг, главном рисоводческом регионе, может сократиться приблизительно на 2,6 млн тонн в год, что составляет около 11 процентов объема производства за 2011 год. Кроме того, согласно прогнозам, на протяжении 2050-х годов в результате повышения температуры морской воды и подкисления океана может сократиться вылов морской рыбы в южной части Филиппин.

При глобальном потеплении на 4°C может происходить серьезная береговая эрозия в результате исчезновения коралловых рифов. Согласно прогнозам, к 2090-м годам уровень моря может повыситься на целых 100 см. Это будет усугубляться прогнозируемым повышением интенсивности сильнейших тропических циклонов, достигающих побережья. Кроме того, беспрецедентные экстремально



высокие температуры почти над 90 процентами территории суши в летние месяцы (июнь, июль и август) могут иметь весьма серьезные отрицательные последствия.

Наблюдаемые климатические тренды и прогнозируемые изменения климата на период до 2100 года

Климат в Юго-Восточной Азии очень трудно спрогнозировать в силу целого ряда факторов, таких как сложность

⁶ Бруней, Вьетнам, Индонезия, Камбоджа, Лаос, Малайзия, Мьянма, Папуа-Новая Гвинея, Сингапур, Таиланд, Тимор-Лешти и Филиппины.

рельефа, состоящего из гор, долин и прибрежных зон и характеризующегося многообразием материковой части, полуостровов и островов, взаимозависимость между морем и сушей, а также целый ряд взаимозависимых факторов, определяющих местный климат.

Температура

При глобальном потеплении на 2°C в летние месяцы к 2040-м годам климат в регионе потеплеет в среднем на 1,5°C (1,0–2,0°C). При глобальном потеплении на 4°C средние температуры в летние месяцы на суше, согласно прогнозам, повысятся примерно на 4,5°C (3,5–6°C) к 2100 году. Это гораздо ниже среднемирового уровня потепления над сушей, поскольку климат региона в гораздо большей степени зависит от температур над поверхностью моря, которые повышаются медленнее, чем в других регионах, для которых характерна более значительная площадь материковой части.

Согласно прогнозам, в тропических зонах Юго-Восточной Азии экстремально высокие температуры станут более частыми, причем экстремальная жара нередко будет выходить за пределы температурного диапазона в силу природной изменчивости климата. Например, при глобальном потеплении на 2°C экстремально высокие температуры⁷, которые в настоящее время считаются необычными, будут распространяться почти на 60–70 процентов общей территории суши. Беспрецедентные экстремально высокие температуры могут охватить до 30–40 процентов территории суши. При потеплении на 4°C летние месяцы, которые в современных климатических условиях считались бы беспрецедентными, могут стать новой нормой, и это затронет почти 90 процентов суши на протяжении летних месяцев. Еще важнее то, что Юго-Восточная Азия является одним из двух регионов (второй такой регион – бассейн р. Амазонка), в которых, согласно прогнозам, в краткосрочной перспективе количество экстремально жарких дней⁸ резко увеличится: с 40–90 дней в году при глобальном потеплении на 2°C до примерно 300 дней в году при потеплении на 4°C.

Осадки

Использование климатических моделей для прогнозирования будущих изменений в количестве осадков представляется особенно трудным в Юго-Восточной Азии, поскольку на регион влияют одновременно азиатский и австралийский летние муссоны, и между различными моделями существуют значительные расхождения. При потеплении на 4°C разные модели по Юго-Восточной Азии не согласуются друг с другом: изменения либо не являются статистически значимыми, либо диапазон изменения количества муссонных осадков составляет от

–5 процентов до +10 процентов. Несмотря на эти небольшие изменения, согласно последним прогнозам, составленным с использованием моделей, возможно существенное и продолжающееся увеличение как масштабов, так и частоты интенсивных осадков. Согласно прогнозам количество экстремальных осадков⁹ будет быстро увеличиваться по мере потепления, и такие осадки будут составлять более 10 процентов годового количества осадков при потеплении на 2°C и 50 процентов годового количества осадков при потеплении на 4°C. В то же время, максимальное число следующих друг за другом «сухих» дней, что является одним из показателей засухи, также должно увеличиться, а это указывает на то, что экстремальные явления, как в плане минимальных, так и в плане максимальных осадков, могут стать более интенсивными.

Вероятные физические и биофизические последствия прогнозируемых климатических изменений

Повышение уровня моря

В прибрежных зонах Юго-Восточной Азии прогнозируемый показатель повышения уровня моря к концу 21 века, как правило, на 10–15 процентов выше среднемирового значения. При глобальном потеплении на 4°C прогнозируемый показатель повышения уровня моря в регионе, вероятно¹⁰, превысит нынешний уровень¹¹ на 50 см к 2060 году и на 100 см к 2090 году, причем особая опасность угрожает Маниле. При глобальном потеплении на 2°C повышение уровня моря является гораздо менее значительным по всему региону, но тем не менее, довольно существенным – порядка 75 (65–85) см к 2090 году. В некоторых районах относительное повышение уровня моря будет более существенным из-за просадки грунта под воздействием природных и антропогенных факторов.

Риск тропических циклонов

Согласно прогнозам, в Юго-Восточной Азии наиболее интенсивные ураганы¹² и связанные с ними экстремальные

⁷ Экстремальными считаются наблюдаемые в настоящее время естественные межгодовые колебания в пределах около 1°C, которые, согласно прогнозам, будут часто превышать даже при низких уровнях потепления. «Беспрецедентные – это рекордные температуры за весь период, на протяжении которого осуществлялись измерения».

⁸ Определяются исторической изменчивостью, независимо от сценариев выбросов, а температура выходит за пределы 90-го перцентиля сегодняшнего климата.

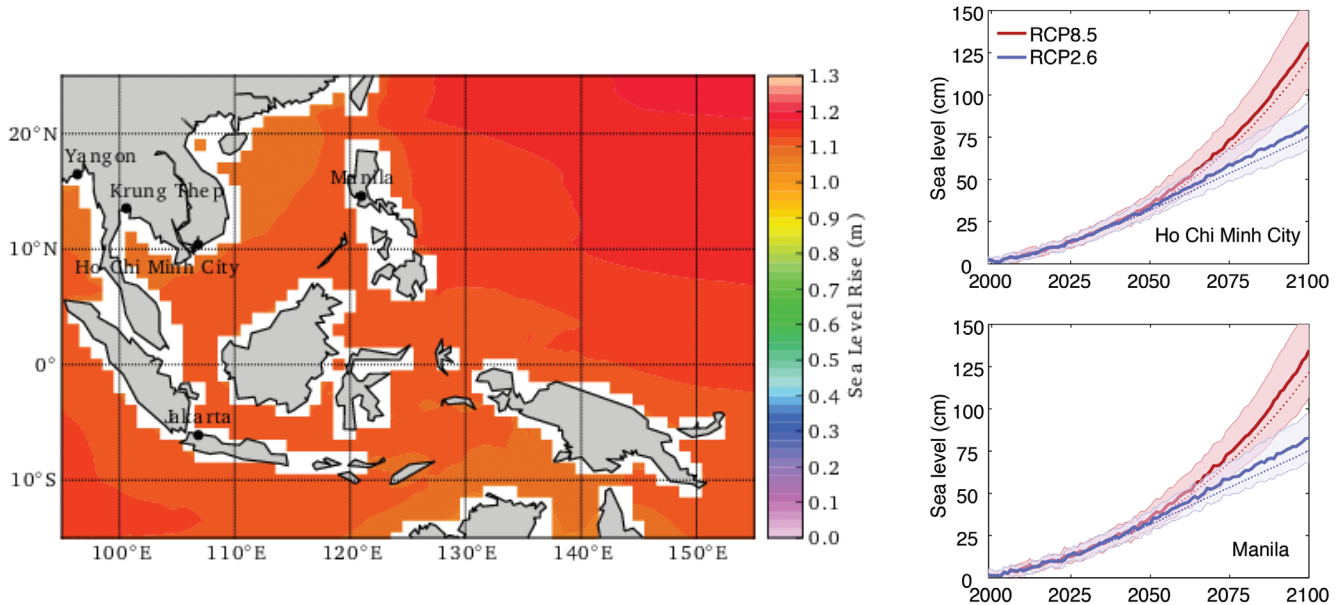
⁹ Рассчитываются, как процент общего количества осадков за год.

¹⁰ Согласно используемым в настоящем докладе моделям, «вероятным» считается событие, если степень его вероятности превышает 66 процентов.

¹¹ За период с 1986 по 2005 год.

¹² Категории 4 и 5 по шкале ураганов Саффира-Симпсона.

Рисунок 4.1: Юго-Восточная Азия. Динамика повышения уровня моря в регионе при глобальном потеплении на 4°C (слева; ПРРК8.5), согласно прогнозам, составленным полуэмпирическим методом, используемым в настоящем докладе, и временных рядов данных по прогнозируемому повышению моря в двух городах региона (справа), как при сценарии ПРРК2.6 (потепление на 2°C) так и при сценарии ПРРК8.5 (потепление на 4°C)



осадки станут более частыми. В западной части бассейна Тихого океана максимальная скорость ветра у поверхности во время тропических циклонов, согласно прогнозам, увеличится на 7–18 процентов при потеплении примерно на 3,5°C по сравнению с доиндустриальным уровнем, однако центр активности, вероятно, сместится в северном и восточном направлениях. Максимальная скорость ветра при тропических циклонах, достигающих берега, может повыситься на 6 процентов в континентальной части Юго-Восточной Азии и приблизительно на 9 процентов на Филиппинах, что будет сопровождаться уменьшением количества достигающих берега ураганов в этих двух субрегионах, соответственно, на 35 и 10 процентов. Ожидается, что по мере повышения уровня моря осадки, связанные с тропическими циклонами, могут увеличиться на треть, что повышает риск наводнений в низменных и прибрежных районах.

Интрузия соленой воды

Согласно прогнозам, в нескольких странах Юго-Восточной Азии по мере повышения уровня моря ожидается более значительная интрузия (вторжение) соленой воды. Например, в Индонезии в случае повышения уровня моря на 1 м к 2100 году, площадь примыкающей к реке Махака территории, которая пострадает от вторжения соленой воды, может увеличиться на 7–12 процентов при

потеплении на 4°C. В дельте р. Меконг в результате повышения уровня моря на 30 см к 2050 году при глобальном потеплении как на 2°C, так и на 4°C, общая площадь суши (в настоящее время составляющая 1,3 млн га), которая пострадает от интрузии соленой воды, увеличится более чем на 30 процентов.

Разрушение и исчезновение коралловых рифов

Коралловые рифы могут жить в относительно узком диапазоне температур, что делает их весьма уязвимыми от повышения температуры поверхности моря. Наряду с воздействием подкисления океана это подвергает коралловые рифы более сильному тепловому стрессу, в результате чего происходит их обесцвечивание. Повышение температуры поверхности моря за последние несколько десятилетий уже привело к серьезному разрушительному обесцвечиванию кораллов¹³. При потеплении на 1,5°C существует

¹³ Обесцвечивание кораллов может происходить, когда максимальная по региону температура в теплое время года превышает норму на 1°C на протяжении более чем четырех недель, причем обесцвечивание прогрессирует при более высоких температурах и/или более продолжительных периодах, на протяжении которых температура в регионе превышает пороговые величины. Хотя коралл может пережить обесцвечивание, его гибель становится более вероятной, а для его восстановления может потребоваться несколько лет. Когда обесцвечивание становится слишком частым или экстремальным, коралловые рифы не могут восстановиться.

Таблица 4.1: Краткое описание последствий изменения климата и связанных с этим рисков в Юго-Восточной Азии^а

Риск/Последствие		Наблюдаемые уязвимость или изменение	Приблизительно на 1,5°C, ^б (~2030-е ^с)	Около 2°C (~2040-е)	Около 3°C (~2060-е)	Около 4°C (~2080-е)
Потепление в регионе		Начиная с 1960-х годов, Южно-Китайское море каждые десять лет теплело в среднем на 0,3–0,4°. Во Вьетнаме с 1971 года климат теплел примерно на 0,3°C в год, что более чем в два раза превышает среднемировую показатель	Теплые ночи случаются чаще	В условиях нынешнего климата теплые ночи становятся новой нормой		Почти все ночи (~95 процентов) теплее нынешних теплых ночей
Экстремально высокие температуры (в летний период в Северном полушарии)^д	Необычная экстремальная жара	Практически отсутствует	50–60 процентов суши	60–70 процентов суши	85 процентов суши	> 90 процентов суши
	Беспрецедентная экстремальная жара	Отсутствует	25–30 процентов суши	30–40 процентов суши	70 процентов суши	> 80 процентов суши
Повышение уровня моря (по сравнению с нынешним уровнем)		Примерно на 20 к 2100	30 см – 2040-е 50 см – 2070-е 75 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2070-е 70 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2060-е 95 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2060-е 110 см – к 2080–2100
Коралловые рифы		Необычное обесцвечивание	Высокий риск (50-процентная вероятность) того, что обесцвечивание кораллов в регионе будет происходить каждый год, уже начиная с 2030 года	Согласно прогнозам, почти все коралловые рифы подвергнутся сильному обесцвечиванию		

^а Более полная таблица последствий и факторов риска по Юго-Восточной Азии представлена в конце Главы.

^б Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен при инерционном сценарии, согласно которому климат потеплеет более чем на 4°C к 2080-м годам.

^с Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен при инерционном сценарии, но не при сценарии, при котором принимаются меры по смягчению воздействия, и потепление ограничивается этими уровнями, поскольку в том случае годом, в который произошло это превышение, всегда будет 2100 год, либо оно вообще не произойдет.

^д Указаны средние значения экстремально высокой температуры, спрогнозированные с использованием разных климатических моделей. Примерная область неопределенности применительно к разным моделям (от минимальной до максимальной) при потеплении на 4°C составляет от 70 до 100 процентов по необычным экстремально высоким температурам и от 30 до 100 процентов по беспрецедентным экстремально высоким температурам. Максимальная частота экстремально высоких температур в обоих случаях превышает 100 процентов, поскольку на этом уровне происходит насыщение значений показателей.

высокий риск (50-процентная вероятность) того, что обесцвечивание кораллов в регионе будет происходить каждый год, уже начиная с 2030 года. Согласно прогнозам, при глобальном потеплении на 1,5°C–2°C по сравнению с доиндустриальным уровнем все коралловые рифы в регионе Юго-Восточной Азии с высокой степенью вероятности подвергнутся сильному тепловому стрессу к 2050 году. При глобальном потеплении на 2°C коралловые рифы подвергаются серьезной угрозе, и, согласно прогнозам, большинство коралловых рифов исчезнут задолго до потепления на 4°C, что весьма негативно повлияет на морское рыболовство, туризм и защиту прибрежных районов от повышения уровня моря и штормовых приливов.

Последствия для конкретных секторов и областей деятельности

В дельтах рек, таких как Меконг, регулярно происходит затопление и это является частью ежегодного природного гидрологического цикла. Такое затопление играет важную экономическую и культурную роль в дельтах рек региона. Прогнозируемое повышение уровня моря в результате изменения климата, повышение интенсивности тропических циклонов, а также просадка грунта в результате жизнедеятельности человека, подвергают население повышенному риску, в том числе связанному с избыточным затоплением, интрузией соленой воды и береговой эрозией.

Эти последствия возможны даже несмотря на то, что расположенные в дельтах рек районы, как правило, относительно устойчивы к нестабильности уровня воды и степени засоленности. Особенно высокому риску подвергаются дельты трех рек – Меконг, Иравади и Чао-Прая, – где довольно обширные территории расположены ниже 2 метров над уровнем моря.

Прибрежные города с большой и продолжающейся увеличиваться численностью населения подвержены факторам риска, связанного с изменением климата, таким как повышение интенсивности тропических ураганов, повышение уровня моря в долгосрочной перспективе, а также внезапные паводки и затопление прибрежных районов. Трудно рассчитать число людей, уязвимых от последствий повышения уровня моря, поскольку многое неясно в том, что касается соответствующих прогнозов и сценариев прироста населения и экономического роста. Бангкок¹⁴, Джакарта, Хошимин и Манила особенно уязвимы от воздействия факторов, обусловленных изменением климата. Согласно прогнозам, многие миллионы жителей Бангкока и Хошимина уязвимы от последствий повышения уровня моря¹⁵ на 50 см к 2070 годам. Высокие темпы роста ВВП и городского населения делают эти районы еще более уязвимыми от последствий изменения климата. Более того, воздействие экстремально высоких температур является особенно сильным в городах, что обусловлено эффектом «городского острова тепла», в результате чего могут уровни смертности и заболеваемости среди городского населения могут повыситься по сравнению с сельской местностью. Городская беднота особенно уязвима от экологических стрессов; наводнения, связанные с повышением уровня моря и штормовыми приливами, подвергают неформальные поселения высокому риску. В 2005 году около 40 процентов населения Вьетнама и 45 процентов населения Филиппин жили в неформальных поселениях.

Сельскохозяйственное производство в регионе, особенно производство риса в долине р. Меконг, уязвимо от повышения уровня моря, поскольку эти районы расположены ненамного выше этого уровня. Согласно прогнозам, в случае повышения уровня моря на 30 см, которое может произойти уже к 2040 году, объем производства риса может сократиться примерно на 12 процентов в результате затопления (сокращение на 5 процентов) и интрузии соленой воды (на 7 процентов). Хотя некоторые сорта риса более устойчивы, чем другие, есть факты, свидетельствующие о том, что все посевы риса уязвимы от внезапного и полного затопления, которое во время наводнения может продолжаться несколько дней, а пороги чувствительности даже относительно стойких сортов риса могут быть превышены, что существенно повлияет

на объем производства. Повышение температур сверх пороговых величин на важнейших стадиях произрастания риса (прорастание, цветение, налив зерна) может еще больше повлиять на производительность.

Аквакультура – быстрорастущий сектор, имеющий большое значение для экономики стран Юго-Восточной Азии, — также подвержен риску, связанному с несколькими последствиями изменения климата. Во Вьетнаме, например, этот сектор растет особенно быстрыми темпами. В 2000 году его доля в ВВП составляла около 3 процентов, а в 2011 году – уже порядка 5 процентов. В других странах Юго-Восточной Азии также наблюдается стремительный рост этого сектора. Поскольку почти 40 процентов пищевого белка, потребляемого в странах Юго-Восточной Азии, составляет рыба, этот сектор также имеет большое значение для продовольственной безопасности этого региона. Согласно прогнозам, аквакультурные хозяйства пострадают в результате повышения интенсивности тропических циклонов и интрузии соленой воды, связанной с повышением уровня моря, особенно хозяйства, где выращиваются пресноводные и солоноватоводные виды. Экстремальные погодные явления, такие как тропические ураганы и затопление прибрежных районов, уже влияют на аквакультуру в странах Юго-Восточной Азии. Например, в 2006 году во Вьетнаме тайфун четвертой категории «Сангшэн» уничтожил аквакультурные хозяйства на площади свыше 1 200 гектаров, а в Индонезии от тайфунов «Винсенте» (4 категория) и «Саола» (2 категории) пострадали около 3 000 аквакультурных хозяйств. Ущерб, причиненный рыбному хозяйству, превысил 9 млн долл. США (Xinhua, 2012).

Ожидается, что на **рыбные ресурсы, особенно в районах коралловых рифов**, повлияют такие факторы, как повышение уровня моря, потепление и подкисление океана, связанное с повышением содержания двуоксида углерода в атмосфере и океанской воде. Прогнозируется существенное сокращение потенциально возможного улова. Согласно прогнозам, эти изменения будут неодинаковыми в разных частях региона. Так, максимально возможный улов может сократиться на 16 процентов в территориальных водах Вьетнама, в то время как у северного

¹⁴ Если не будут приняты меры по адаптации, площадь территории вокруг Бангкока, которая, согласно прогнозам, может быть затоплена в результате экстремальных осадков и повышения уровня моря, увеличивается приблизительно с 40 процентов при повышении уровня моря на 15 см по сравнению с нынешним уровнем (что может произойти к 2030-м годам), до примерно 70 процентов при повышении уровня моря на 88 см (которое может произойти до 2080-х годов в случае потепления на 4°C).

¹⁵ Если предположить, что грунт в этих районах проседает на 50 см.

побережья Филиппин увеличение улова может составить от 6 до 16 процентов. Кроме того, максимально возможный улов в южной части Филиппин может сократиться примерно на 50 процентов (что непосредственно не связано с коралловыми рифами). Такие изменения в потенциальном улове могут существенно осложнить жизнь населения прибрежных районов.

Обобщение последствий изменения климата в Юго-Восточной Азии

Юго-Восточная Азия характеризуется высокой и продолжающейся уязвимостью от постепенно дающих о себе знать последствий, связанных с повышением уровня моря, продолжающимися потеплением и подкислением океана, обесцвечиванием кораллов и сокращением биоразнообразия, а также от внезапных последствий, связанных с тропическими циклонами и все чаще наблюдаемыми экстремально высокими температурами. Сочетание этих факторов может оказать неблагоприятное воздействие одновременно на несколько секторов. Общее воздействие постепенно дающих о себе знать последствий может снизить устойчивость и повысить уязвимость от более экстремальных природных явлений, причем эта сложная по своей структуре уязвимость будет усиливаться по мере дальнейшего потепления и повышения уровня моря.

Возрастает риск, которому подвергаются население районов, расположенных в дельтах рек, источники дохода и производство продуктов питания

Ожидается, что население, а также системы земледелия, рыбные ресурсы и другие источники дохода жителей районов, расположенные вдоль рек и в дельтах, подвергнутся наибольшему риску, связанному с повышением уровня моря, более интенсивными осадками и штормовыми приливами в периоды тропических циклонов.

Например, р. Меконг и ее притоки имеют решающее значение для производства риса во Вьетнаме. В дельте р. Меконг расположены 12 провинций, которые в народе называют «рисовой чашей» Вьетнама. Здесь живут около 17 млн человек, из которых 80 процентов заняты выращиванием риса. В этих районах производится около 50 процентов общего объема производимой во Вьетнаме сельскохозяйственной продукции, и они имеют большое значение для экспорта риса. Любое сокращение объема производства риса из-за изменений климата не только повлияет на экономику и продовольственную безопасность региона, но его последствия также дадут о себе знать на мировом рынке риса.

В дельте р. Меконг сосредоточено также рыбное хозяйство Вьетнама. Здесь действует почти половина рыболовецкого флота, производится две трети искусственно выращиваемой рыбы. Согласно прогнозам, важные отрасли, такие как аквакультура, пострадают от возросших затрат и ущерба, связанного с засолением воды и повышением температур. Весьма высока степень уязвимости населения районов, расположенных в дельтах рек: когда в 2008 году на районы дельты р. Иравади в Мьянме обрушился тропический циклон «Наргис»¹⁶, погибли более 80 тысяч местных жителей, крыши над головой лишились около 800 тысяч человек, значительные сельскохозяйственные площади оказались под водой, а производству и хранению продуктов питания был причинен огромный ущерб.

Воздействие интрузии соленой воды для здоровья населения, скорее всего, усилится. В результате повышения уровня моря и под воздействием тропических циклонов содержание соли в пресной воде может повыситься, и эти последствия могут сохраняться годами. Одним из наиболее характерных последствий в плане состояния здоровья людей является гипертония, но помимо этого возможен целый ряд других медицинских проблем, потенциально связанных с воздействием соленой воды. Эти проблемы могут возникнуть в результате купания, питья воды и ее использования для приготовления пищи. К числу таких проблем относятся выкидыши, кожные заболевания, острые респираторные инфекции и желудочно-кишечные заболевания.

Города, в том числе в прибрежных районах, становятся все более уязвимыми

В Юго-Восточной Азии особенно сильно ощущаются проблемы, связанные с тем, что расположенных на побережье городов растут численность населения и степень концентрации активов, подверженных риску изменения климата, в том числе таким факторам этого риска, как повышение интенсивности тропических ураганов, долгосрочное повышение уровня моря и внезапное затопление прибрежных районов. Если не будут приняты меры по адаптации, площадь территории вокруг Бангкока, которая, согласно прогнозам, может быть затоплена в результате экстремальных осадков и повышения уровня моря, увеличивается приблизительно с 40 процентов при повышении уровня моря на 15 см по сравнению с нынешним уровнем (что может произойти к 2030-м годам), до примерно 70 процентов при повышении уровня моря на 88 см (которое может произойти до 2080-х годов в случае потепления на 4°C). Более того, воздействие экстремально высоких температур является особенно сильным в городах, что обусловлено

¹⁶ Категория 4 по шкале ураганов Саффира-Симпсона.

эффектом «городского острова тепла», в результате чего могут повыситься смертность и заболеваемость среди городского населения. Этот риск особенно высок на Филиппинах и во Вьетнаме, где почти 40 процентов населения живет в неформальных поселениях, где проблемы, угрожающие здоровью населения, усугубляются отсутствием дренажных систем и возможным повреждением систем канализации и водоснабжения. Из-за плотности населения этот риск становится еще более высоким.

В результате прогнозируемых деградации и исчезновения коралловых рифов, сокращения поголовья рыбы, а также под воздействием факторов, влияющих на другие виды деятельности в прибрежных сельских районах в связи с повышением уровня моря в ближайшие несколько десятилетий население прибрежных районов и районов, расположенных в дельтах рек, может лишиться части средств к существованию. Уже сейчас все больше людей мигрируют в города. Миграция населения в города может привести к тому, что больше городских жителей окажутся уязвимыми от последствий изменения климата, особенно вновь прибывшие, которые в большинстве своем селятся в густонаселенных неформальных поселениях.

Факторы риска, угрожающие туризму и другим видам деятельности

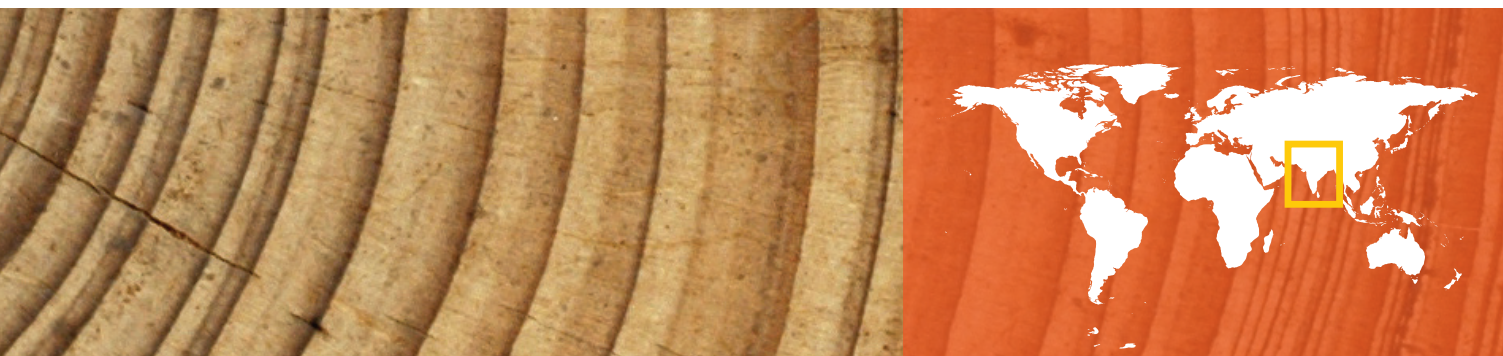
Прогнозируемые повышение уровня моря и интенсивности тропических циклонов, а также деградация и исчезновение коралловых рифов представляют серьезную угрозу для индустрии туризма, поскольку все это причиняет ущерб инфраструктуре, а также природным и другим ресурсам, которые делают регион привлекательным для туристов. Согласно результатам исследований, угроза тропических ураганов отпугивает потенциальных туристов не меньше, чем такие факторы, как вероятность терактов и политические кризисы.

Истощение ресурсов прибрежных районов вследствие эрозии почвы происходит уже сейчас, и ожидается, что

этот процесс будет ускоряться. В результате повышения уровня моря все более интенсивной становится береговая эрозия в дельте Красной реки и в других районах. При повышении уровня моря на 100 см к 2100 году ожидается существенное увеличение эрозии в дельте р. Меконг. Согласно прогнозам, в результате сокращения площади пляжей в зоне залива Сан-Фернандо на Филиппинах серьезно пострадают расположенные на побережье активы и множество жилых построек.

Весьма вероятно, что в ближайшие 10–20 лет ускорится процесс обесцвечивания кораллов, деградации и исчезновения коралловых рифов. В связи с этим уже в ближайшее время могут пострадать доходы от таких видов деятельности, как подводное плавание и спортивное рыболовство. Деградация коралловых рифов может привести к сокращению рыбных ресурсов и повысить уязвимость побережья, защищаемого рифами. Кроме того, станет меньше туристов, от которых часто зависит местная экономика и доходы населения прибрежных районов.

В Юго-Восточной Азии прогнозируемые риски и ущерб при глобальном потеплении на 1,5–2°C весьма значительны. При таком уровне потепления обширным территориям региона угрожают беспрецедентные экстремально высокие температуры, а также повышение уровня моря на 50 см к 2050-м годам и на 75 см к 2100 году. Среди биофизических последствий следует отметить исчезновение коралловых рифов на значительных территориях, существенное сокращение биоразнообразия морских экосистем и повышение интенсивности тропических циклонов и связанных с ними штормовых приливов и наводнений. Прогнозируется также значительное сокращение объема сельскохозяйственного производства в важных рисоводческих регионах в результате повышения уровня моря. Кроме того, возрастет риск сильных наводнений, от которых могут пострадать крупные прибрежные города. Согласно прогнозам, серьезно пострадают также туризм и аквакультура.



Южная Азия: Экстремальные условия, связанные с нехваткой и избытком воды

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕГИОНЕ

В настоящем докладе Южной Азией называется регион, включающий семь стран¹⁷, постоянно увеличивающаяся численность населения которых составляет около 1,6 млрд человек. Согласно прогнозам, к 2050 году в регионе будут жить более 2,2 млрд человек. Согласно прогнозам, при глобальном потеплении на 4°C уровень моря повысится более чем на 100 см к 2090-м годам, муссонные осадки станут более изменчивыми, а разрушительные наводнения и опустошительные засухи будут происходить все чаще и чаще. Прогнозируются интенсивное таяние ледников и уменьшение снежного покрова, а необычайно высокие экстремальные температуры в летние месяцы (июнь, июль и август) будут распространяться на 70 процентов территории суши. Кроме того, сельскохозяйственное производство, вероятно, пострадает в результате суммарного воздействия таких факторов, как нестабильность водных ресурсов, последствия повышения уровня моря и повышение температур. В последние годы в регионе наблюдается устойчивый экономический рост, однако масштабы бедности остаются довольно значительными, и сочетание этих климатических факторов может оказать весьма неблагоприятное воздействие на экономику сельских районов и сельское хозяйство. Города, для которых характерна высокая плотность населения, особенно уязвимы от экстремально высоких температур, наводнений и распространения заболеваний.

¹⁷ Бангладеш, Бутан, Индия, Мальдивские Острова, Непал, Пакистан и Шри-Ланка. Это определение, соответствующее определению региона в СДЭКС, не включает Афганистан.



Наблюдаемые климатические тренды и прогнозируемые изменения климата на период до 2100 года

Южная Азия характеризуется уникальностью и многообразием рельефа. Географические особенности региона во многом определяются самыми высокими на земле горными массивами – Гималайским хребтом и Тибетским нагорьем, где берут свое начало крупнейшие реки региона – Инд, Ганг

и Брахмапутра. Климат региона определяется муссонами. Наибольшее количество осадков в Южной Азии выпадает в летний период муссонов. В Индии, например, в этот период выпадает 80 процентов осадков. Своевременное и регулярное наступление летнего муссонного сезона имеет решающее значение для экономики сельских районов, в частности, для сельского хозяйства стран Южной Азии.

Ожидается, что по мере дальнейшего изменения климата периоды, на протяжении которых количество муссонных осадков будет превышать норму, и наоборот – количество осадков будет недостаточным, – станут более частыми. Это может привести к разрушительным наводнениям и опустошительным засухам. Крупнейшие реки, такие как Ганг, Инд и Брахмапутра, в значительной степени зависят от ледниковых и талых снеговых вод, что делает их весьма уязвимыми от таяния ледников и уменьшения снежного покрова в результате изменения климата. В результате значительному риску подвергается стабильное и бесперебойное наличие водных ресурсов в регионе,

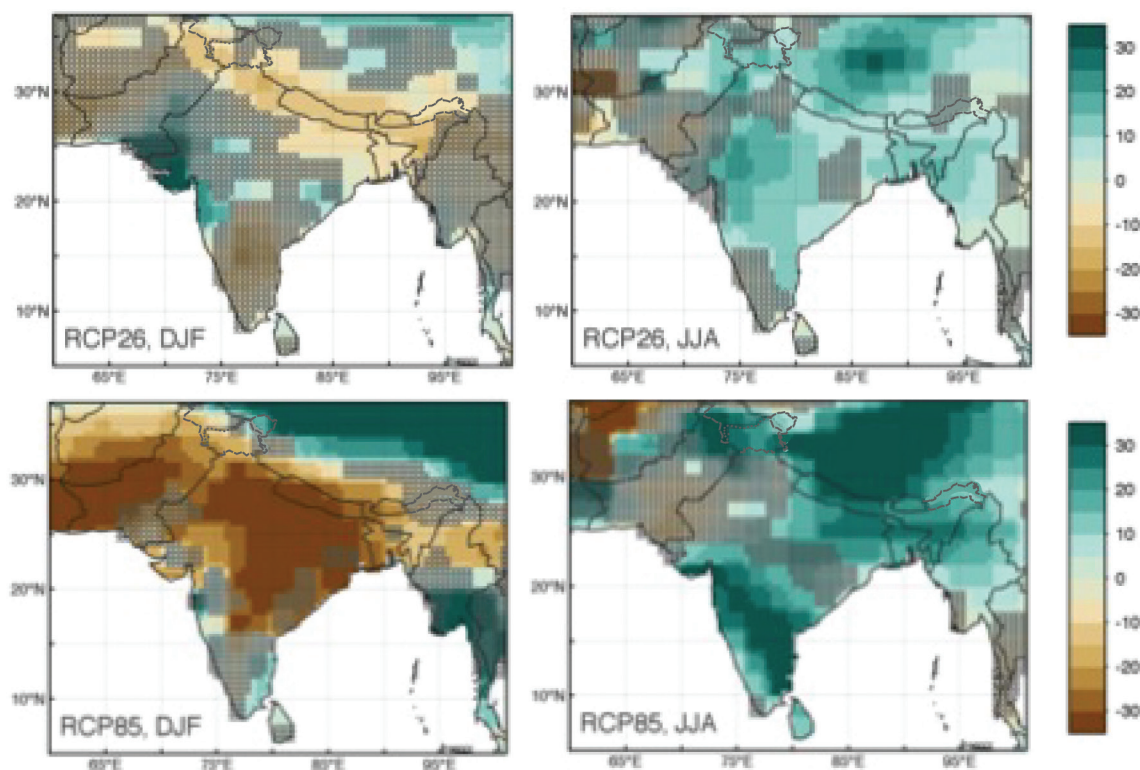
когда увеличение максимального расхода воды связано с риском наводнения, а резкое уменьшение стока в сухие месяцы угрожает сельскому хозяйству.

В последние несколько десятилетий в Южной Азии, особенно в Индии, наметилась тенденция потепления, что, судя по всему, вполне согласуется с изменением климата под воздействием антропогенных факторов. Согласно последним результатам наблюдений за общим количеством осадков в период муссонов, дождей стало меньше, вероятно, из-за антропогенных аэрозолей, особенно технических углеродов. Помимо этих тенденций наблюдается также учащение случаев наиболее экстремальных осадков и кратковременных засух.

Осадки

В последние десятилетия наиболее экстремальные осадки стали более частыми. Согласно прогнозам, годовое количество осадков может увеличиться на целых 30 процентов при потеплении 4°C. Ожидается, что сезонное

Рисунок 5.1: Рассчитанное с использованием нескольких моделей среднее значение показателя процентного изменения количества осадков в сухой сезон (ДЯФ, средняя часть) и во влажный сезон (JJA, нижняя часть) при RCP2.6 (потепление на 2°C, слева) и RCP8.5 (потепление на 4°C, справа) в Южной Азии к 2071–2099 годам по сравнению с периодом с 1951 по 1980 год



Заштрихованные участки означают зоны неопределенности, при этом 2 из 5 моделей показывают иную динамику изменений, нежели остальные 3 модели.

распределение осадков станет более ярко выраженным: в сухой сезон количество осадков уменьшится

на величину до 30 процентов, а во влажный сезон оно увеличится также на 30 процентов.

Таблица 5.1: Краткое описание последствий изменения климата и связанных с этим рисков в Южной Азии

Риск/Последствие		Наблюдаемые уязвимость или изменение	Примерно на 1,5°C10 (2030-е 11)	Около 2°C (2040-е)	Около 3°C (2060-е)	Около 4°C (2080-е)
Потепление в регионе		В Индии в 2011 году зарегистрирован 9-й по значению показатель температуры. В 2009 году температура в среднем была на 0,9°C выше среднего значения за период с 1961 по 1990 год		Продолжительность жарких периодов увеличивается до 20–45 дней. Вероятность жарких ночей – 40 процентов		Продолжительность жарких периодов увеличивается до 150–200 дней. Вероятность жарких ночей – 85 процентов
Экстремально высокие температуры (в летний период в Северном полушарии)^{1,2}	Необычная экстремальная жара	Практически отсутствует	15 процентов суши	20 процентов суши	>50 процентов суши	>70 процентов суши На юге почти все летние месяцы необычайно жаркие
	Беспрецедентная экстремальная жара	Отсутствует	Практически отсутствует	<5 процентов суши	20 процентов суши	>40 процентов суши
Осадки (в т.ч. муссонные)		Уменьшение муссонных осадков в Южной Азии, начиная с 1950-х годов, однако экстремальные осадки участились	Нет достоверных прогнозов относительно изменений количества осадков	Нет достоверных прогнозов относительно изменений количества осадков; доля экстремально «влажных» дней в общем количестве осадков за год увеличивается на 20 процентов ³	Увеличение количества осадков в летние месяцы (влажный сезон) примерно на 5 процентов	Увеличение количества осадков в летние месяцы (влажный сезон) примерно на 10 процентов. Повышение межсезонной изменчивости количества муссонных осадков примерно на 15 процентов. доля экстремально «влажных» дней в общем количестве осадков за год увеличивается на 75 процентов ⁴
Засуха		Участвовавшие кратковременные засухи			Более частые засухи в северо-западной части региона, особенно в Пакистане	Увеличение продолжительности засушливых периодов, измеряемой количеством следующих один за другим «сухих» дней на востоке Индии в Бангладеш
Повышение уровня моря по сравнению с нынешним уровнем		Примерно на 20 к 2010	30 см – 2040-е 50 см – 2070-е 70 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2070-е 70 см – к 2080–2100	30 см – 2040-е 50 см – 2060-е 90 см – к 2080–2100	–30 см – 2040-е –50 см – 2060-е –105 см – к 2080–2100, в районе Мальдивских островов – на 10 см выше

^a Более полная таблица последствий и факторов риска по Южной Азии представлена в конце Главы 5.

^b Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен при инерционном сценарии, согласно которому климат потеплеет более чем на 4°C к 2080-м годам.

^c Десятилетие, на протяжении которого уровень потепления превышен при инерционном сценарии, согласно которому климат потеплеет более чем на 4°C к 2080-м годам.

^d Указаны средние значения экстремально высокой температуры, спрогнозированные с использованием разных климатических моделей. Примерная область неопределенности применительно к разным моделям (от минимальной до максимальной) при потеплении на 4°C составляет от 70 до 100 процентов по необычным экстремально высоким температурам и от 30 до 100 процентов по беспрецедентным экстремально высоким температурам. Максимальная частота экстремально высоких температур в обоих случаях превышает 100 процентов, поскольку на этом уровне происходит насыщение значений показателей.

^e 50 процентов в диапазоне неопределенности от 8 до 12 процентов.

^f 50 процентов в диапазоне неопределенности от 65 до 85 процентов.

Температура

Согласно прогнозам, при глобальном потеплении на 4°C к 2100 году температура воздуха в летние месяцы увеличится на 3°C почти до 6°C, причем наиболее ярко выраженным это потепление будет в Пакистане. Аналогичная динамика будет наблюдаться при глобальном потеплении на 2°C: в северо-западной части региона температура повысится в среднем на 2°C, а в остальных частях региона повышение температуры составит от 1°C до 2°C. Ко времени, когда глобальное потепление достигнет 1,5°C, экстремально высокие температуры, которые в нынешних климатических условиях считаются необычными или практически не случаются, будут охватывать 15 процентов территории суши в летние месяцы.

Согласно прогнозам, при глобальном потеплении на 2°C необычные экстремально высокие температуры будут охватывать более 20 процентов территории суши на протяжении летних месяцев в Северном полушарии, а беспрецедентные экстремально высокие температуры – около 5 процентов территории суши, в основном в южной части региона. При глобальном потеплении на 4°C на западном побережье и на юге Индии, а также в Бутане и на севере Бангладеш установятся новые, высокотемпературные климатические режимы. В большинстве субрегионов Южной Азии экстремальная жара прогнозируется на протяжении 60–80 процентов времени в летние месяцы в Северном полушарии. В некоторых частях региона, в том числе в Шри-Ланке и Бутане, беспрецедентная жара будет стоять на протяжении более чем половины летнего сезона. В более долгосрочной перспективе, если глобальное потепление не превысит 2°C, степень уязвимости Южной Азии от этих экстремальных явлений будет значительно ниже.

Вероятные физические и биофизические последствия прогнозируемых климатических изменений

Прогнозируемые изменения в количестве осадков, а также частоте и/или интенсивности экстремальных погодных явлений как напрямую, так и косвенно повлияют на муссонную активность, засухи, таяние ледников, уменьшение снежного покрова, водоносность рек, интенсивность пополнения грунтовых вод и повышение уровня моря.

Муссоны

Хотя основываясь на результатах исследований с использованием большинства моделей, можно спрогнозировать увеличение среднегодового количества муссонных осадков на шкале времени с ценой деления, равной десяти годам, прогнозируется также значительное повышение степени межгодовой и внутрисезонной изменчивости.

При приближении среднего значения величины глобального потепления к 4°C прогнозируются повышение среднегодового показателя интенсивности муссонов на 10 процентов и 15-процентное увеличение межгодовой изменчивости количества осадков в период индийского летнего муссона по сравнению с обычными уровнями, наблюдавшимися на протяжении первой половины 20 века. В совокупности все эти изменения означают, что экстремально влажный муссон, который в настоящее время возможен лишь раз в 100 лет, к концу столетия, согласно прогнозам, будет происходить уже каждые 10 лет.

Целая серия неожиданно интенсивных муссонных дождей в горных районах водосборного бассейна р. Инд стала одной из главных причин разрушительных наводнений в Пакистане в 2010 году, в результате которых погибли более 1 900 человек, а число пострадавших превысило 20 миллионов. Хозяйства и важнейшие объекты инфраструктуры, такие как мосты, были полностью смыты в пострадавших преимущественно сельских районах. Эти сильные дожди стали началом целой цепи событий, которые привели к продолжительному и крупномасштабному наводнению. Многие другие факторы были обусловлены жизнедеятельностью человека. Возведение ирригационных и заградительных плотин, речных дамб и изменение русла рек может серьезно повысить риск наводнений в низовьях рек в результате экстремального количества осадков в верхней части водосборных бассейнов рек.

Сохраняется довольно высокая степень неопределенности относительно наиболее характерной динамики индийского летнего муссона при глобальном потеплении. Например, резкое изменение в характере муссона в сторону более сухого состояния с меньшим количеством осадков может вызвать серьезный кризис в Южной Азии, о чем свидетельствует аномальный муссон 2002 года, ставший причиной наиболее опустошительной засухи за последние десятилетия (количество осадков оказалось на 209 процентов меньше многолетней нормы, а объем производства зерновых культур сократился приблизительно на 10–15 процентов по сравнению со средним значением за предыдущее десятилетие). Предполагается, что такие изменения могли быть обусловлены физически правдоподобными механизмами, а климатические модели современного поколения прогнозируют атмосферные изменения в тропических широтах, под воздействием которых муссоны будут становиться более сухими.

Засухи

Прогнозируемое увеличение амплитуды сезонных колебаний количества осадков, связанное с увеличением числа сухих дней, вызывает засухи, усугубляемые продолжающимся

потеплением, что оказывает неблагоприятное воздействие на жизнь людей. Ожидается, что в некоторых частях региона, особенно в Пакистане, засухи будут представлять все более серьезный риск, в то время как на юге Индии прогнозируется более высокая влажность. Что касается севера Индии, пока непонятно, в каком направлении будет меняться ситуация. Из десяти произошедших за последнее столетие наиболее страшных засух, от которых пострадало больше всего людей, шесть произошли в Индии, где от них пострадали до 300 миллионов человек. Так, в результате засух 1987 и 2002/2003 годов пострадали более 50 процентов возделываемых посевных площадей. В 2002 году объем производства продуктов питания сократился на 29 млн тонн по сравнению с предыдущим годом. По оценкам, в штатах Джарханд, Орисса и Чхаттисгарх сильные засухи, которые происходят приблизительно раз в шесть лет, отрицательно повлияли примерно на 40 процентов объема сельскохозяйственного производства.

Таяние ледников, уменьшение снежного покрова и водоносность рек

На протяжении последних ста лет площадь большинства гималайских ледников сокращалась. В настоящее время около 750 миллионов человек зависят от пресноводных ресурсов питаемых ледниками рек Инд и Брахмапутра, и если этих ресурсов станет меньше, может существенно сократиться объем продовольствия, которое производится в районах, расположенных в бассейнах этих рек. Эти реки в значительной степени зависят от ледниковых и талых снеговых вод, что делает их весьма уязвимыми от таяния ледников и уменьшения снежного покрова в результате изменения климата. Согласно прогнозам, при потеплении приблизительно на 2,5°C по сравнению с доиндустриальным уровнем к 2050-м годам появляется риск значительного уменьшения стока рек Инд и Брахмапутра летом и поздней весной, после периода увеличения стока. Наличие воды, необходимой для орошения, в значительной степени зависит от этих водных ресурсов, особенно в сухие сезоны.

- Согласно прогнозам, в весенний период водоносность рек будет увеличиваться в результате более интенсивного таяния ледников и снежного покрова, а до начала муссонного сезона, т.е. поздней весной и летом, речной сток будет уменьшаться.
- Согласно прогнозам, при потеплении более чем на 2°C, паводковый сток в дельте р. Инд увеличится примерно на 75 процентов. В результате увеличения паводкового речного стока все больше людей, живущих в густонаселенных районах, расположенных в дельтах рек, становятся уязвимыми от наводнений, повышения уровня моря и повышения интенсивности тропических циклонов.

Грунтовые воды, которые пополняются в основном за счет осадков и поверхностного стока, также пострадают в результате изменения климата. Южная Азия, особенно Индия и Пакистан, весьма чувствительны к снижению интенсивности пополнения запасов грунтовых вод, поскольку эти страны уже страдают от нехватки воды и в значительной степени зависят от наличия грунтовой воды для орошения. Например, в Индии орошение осуществляется на 60 процентов за счет грунтовых вод, в то время как около 15 процентов водоносных горизонтов, в том числе бассейна р. Инд, эксплуатируются слишком интенсивно. Грунтовые водные ресурсы особенно важны для смягчения воздействия засух и связанных с ними проблем на сельское хозяйство и продовольственную безопасность. Поскольку прогнозируются более частые и продолжительные периоды отсутствия дождей и нехватки воды, весьма вероятно, что грунтовые водные ресурсы станут еще более важными для сельского хозяйства, а значит они будут подвергаться еще более сильному давлению. Прогнозируемое повышение степени изменчивости и амплитуды межсезонных колебаний муссонных осадков может повлиять на пополнение грунтовых вод во влажный сезон и привести к более интенсивному потреблению водных ресурсов в сухой сезон.

Повышение уровня моря

Поскольку в Южной Азии прибрежные районы расположены близко к экватору, прогнозируется значительное повышение уровня моря по сравнению с более высокими широтами. Согласно прогнозам, при потеплении на 4°C уровень моря повысится примерно на 100–115 см к 2090-м годам, а при потеплении на 2°C – на 60–80 см к концу 21 века по сравнению с периодом с 1986 по 2005 год, причем наиболее значительное повышение уровня моря (на целых 10 см) ожидается в районе Мальдивских островов. В целом это на 10–15 процентов выше среднемирового значения, причем уже к 2060 году уровень моря может повыситься на 50 см.

Последствия для конкретных секторов и областей деятельности

Водные ресурсы уже подвержены риску в густонаселенных странах Южной Азии, о чем свидетельствуют результаты многих исследований, в рамках которых оценивался этот риск. Согласно результатам одного такого исследования, при потеплении приблизительно на 3°C по сравнению с доиндустриальным уровнем к 2080-м годам весьма очевидно, что наличие водных ресурсов в расчете на душу населения сократится более чем на 10 процентов в результате роста численности населения в сочетании

с изменением климата. Даже при потеплении на 1,5–2°C потребуются значительные инвестиции в наращивание водоаккумулирующих способностей, с тем чтобы можно было получить пользу от увеличения сезонного стока и таким образом компенсировать уменьшение стока в сухие сезоны и улучшить ситуацию в плане круглогодичного наличия водных ресурсов.

Ожидается, что от потенциальных последствий изменения климата пострадает также качество питьевой воды. Повышение уровня моря и штормовые приливы в районах, расположенных в дельтах рек, приведут к ухудшению качества грунтовых вод в результате интрузии соленой воды. Загрязнение питьевой воды в результате интрузии соленой воды может привести к увеличению числа желудочно-кишечных заболеваний. Кроме того, может повыситься заболеваемость холерой поскольку вызывающая эту болезнь бактерия *vibrio cholerae* дольше живет в соленой воде. В Бангладеш около 20 миллионов жителей прибрежных районов уже пострадали от увеличения содержания соли в питьевой воде.

Урожайность культур в регионе зависит от целого ряда факторов, связанных с изменением климата, таких как сезонная нехватка воды, повышение температур и интрузия соленой воды вследствие повышения уровня моря. Повышение температур и изменения в характере осадков уже привели к снижению урожайности риса – главной азиатской культуры, – особенно на неорошаемых землях. Кроме того, наблюдается чувствительность возделываемых культур к повышению температур. В результате одного исследования было установлено, что по сравнению с расчетными показателями потенциальной урожайности без учета исторических трендов изменения температур с 1980-х годов урожайность риса и пшеницы снижается приблизительно на 8 процентов на каждый 1°C повышения средней по вегетационному периоду температуры. Результаты еще одного исследования показали, что сочетание таких факторов, как более теплые ночи и уменьшение количества осадков в конце вегетационного периода, привело к значительному сокращению объема производства риса в Индии: если бы климатические условия не менялись, урожайность могла быть выше почти на 6 процентов.

Хотя за последние несколько десятилетий урожайность в целом повысилась, на протяжении последнего десятилетия в Индии наметились довольно тревожные тенденции стагнации урожайности культур на обширных возделываемых территориях. Прогнозируемое повышение экстремально высоких температур, которое к 2020-м годам затронет 10 процентов территории суши, а к 2030-м годам – целых 15 процентов, подвергает серьезному риску урожайность культур. Согласно прогнозам, при потеплении

на 1,5–2°C урожайность существенно понизится; однако при сильном эффекте обогащения атмосферы двуокисью углерода отрицательные последствия потепления могут быть частично нейтрализованы низкочастотными мерами по адаптации к изменению климата. При потеплении более чем на 2°C по сравнению с доиндустриальным уровнем, прогнозируется снижение урожайности культур примерно на 10–30 процентов, если потепление достигнет 3–4,5°C, причем наиболее существенное снижение будет происходить в тех случаях, когда эффект обогащения атмосферы двуокисью углерода будет недостаточным.

Если климат не будет меняться, **общий объем производства продукции растениеводства** регионе должен значительно увеличиться (на 60 процентов). Производство продукции будет все больше зависеть от ценового давления и других факторов, обусловленных технологическими нововведениями, результатами научных исследований, расширением рынков и совершенствованием инфраструктуры. При потеплении на 2°C этот показатель роста производства может быть уменьшен по меньшей мере на 12 процентов, что потребует увеличить объем импорта более чем в два раза, чтобы удовлетворить потребности в калориях в расчете на душу населения, по сравнению со сценарием, при котором климат не меняется.

Ожидается, что в результате воздействия изменения климата на водные ресурсы, все большему риску будет подвергаться **энергетическая безопасность**. Электроэнергия в регионе вырабатывается в основном двумя способами – гидроэлектростанциями и тепловыми электростанциями (с использованием ископаемого топлива, ядерной энергии и солнечной энергии). Обоим источникам энергии угрожает ограниченность водных ресурсов. Кроме того, выработка тепловой энергии может оказаться под угрозой в результате усиления давления на системы охлаждения вследствие повышения температуры воздуха и воды.

Обобщение последствий изменения климата в Южной Азии

Водные ресурсы. Многие из климатических рисков и последствий изменения климата, потенциально угрожающих населению стран Южной Азии, могут быть связаны с изменениями в круговороте воды в природе, определяемых экстремальными осадками, засухами, сокращением снежного покрова и уменьшением площади ледников в Гималаях, что ведет к сокращению стока рек. В прибрежных районах к этому также прибавляется воздействие повышения уровня моря и интенсивности тропических циклонов. Более ярко выраженный сезонный характер осадков и связанное с этим сокращение снежного покрова, скорее всего,

повысит риск наводнений, засушливых периодов и засух. Все эти риски усугубляются увеличением количества экстремально жарких дней, которое уже отрицательно влияет на урожайность. Если такие тенденции и динамика будут продолжаться, в ближайшее время и в среднесрочной перспективе можно ожидать значительного снижения урожайности. Изменения в прогнозируемом количестве осадков и их географическом распределении, скорее всего, окажут сильное воздействие на сельское хозяйство, энергетику и существенно повысят риск наводнений.

Даже в случае потепления меньше, чем на 2°C, регион весьма уязвим, учитывая значительные территории, страдающие от засух и наводнений при нынешних температурах. Кроме того, миллионам жителей стран региона угрожают прогнозируемые риски, которым подвергаются урожайность культур и водные ресурсы, а также повышение уровня моря, которое к 2079-м годам может достигнуть 70 см.

Районы, расположенные в дельтах рек, и прибрежные города особенно уязвимы от комбинированного воздействия климатических рисков, обусловленных взаимодействием таких факторов, как повышение температуры, усиление риска речных паводков, повышение уровня моря и повышение интенсивности тропических циклонов. В Индии и Бангладеш смертность в результате природных циклонов достигает 86 процентов общемирового показателя, хотя на этот регион приходится лишь 15 процентов всех тропических циклонов.

- **Бангладеш** является одной из «горячих точек» в плане воздействия изменения климата. Эта страна уязвима одновременно от нескольких факторов риска, связанных с сильными паводками и наводнениями, повышением интенсивности тропических циклонов, повышением уровня моря, необычайно высокими температурами и снижением урожайности. Участвовавшие паводки в сочетании с повышением интенсивности тропических циклонов повышают риск наводнений в районах, где наиболее высок процент бедного населения. В случае повышения уровня моря на 27 см, прогнозируемого на 2040-е годы, в сочетании со штормовыми приливами, вызванными тропическими циклонами, которые происходят в среднем раз в 10 лет, такими как циклон «Сидр», затопленной может оказаться территория, более чем на 80 процентов превышающая то, что может быть затоплено сегодня при таком же развитии ситуации.
- Города **Колката и Мумбай** весьма уязвимы от последствий повышения уровня моря, тропических циклонов и речных паводков. Наводнения и засухи чреваты серьезными проблемами, которые могут повлиять на здоровье населения, такими как распространение желудочно-кишечных заболеваний, которые в настоящее время являются главной причиной детской смертности в странах Азиатско-Тихоокеанского региона.

Связанные с изменением климата потрясения, которым подвергается сезонное наличие водных ресурсов, будут оказывать воздействие на население, постоянно и по многим аспектам представляя угрозу для бесперебойного доступа к чистой питьевой воде, для наличия воды в достаточном объеме для орошения и выработки электроэнергии, а также для охлаждения электростанций, вырабатывающих электроэнергию из термальных источников.

Независимо от будущей динамики выбросов в ближайшие 20 лет прогнозируется повышение частоты случаев необычайной и экстремальной жары в летние месяцы в условиях потепления, которое уже происходит. Ожидается, что с такими экстремально высокими температурами будет связано существенное повышение показателей смертности, что уже наблюдалось в прошлом.

Прогнозируются более высокий риск и более серьезные последствия экстремальных речных паводков, более интенсивных тропических циклонов, повышения уровня моря и необычайно высоких температур. Переселение жителей из районов, подверженных затоплению, которое уже периодически происходит, скорее всего, будет продолжаться, поскольку сохраняется опасность сильных наводнений и других экстремальных природных явлений. Сельскохозяйственное производство, скорее всего пострадает от сочетания таких факторов, как повышение температур, ограниченность водных ресурсов и последствия повышения уровня моря.

В будущем развитие экономики и экономический рост будут способствовать снижению уязвимости многочисленного и в большинстве своем бедного населения стран Южной Азии. Однако, согласно прогнозам относительно изменения климата, эта уязвимость, вероятно, будет оставаться довольно высокой со всеми ее неблагоприятными последствиями для общества. Эти же прогнозы говорят о том, что потепление климата может существенно осложнить задачу сокращения масштабов бедности. Многие из последствий изменения климата представляют серьезную угрозу для развития даже при относительно умеренном потеплении на 1,5–2°C. Для того чтобы противостоять прогнозируемому воздействию при таком уровне потепления, необходимы крупные инвестиции в инфраструктуру, защиту от наводнений, выведение новых сортов культур, засухоустойчивых и способных переносить высокие температуры, а также значительное усовершенствование устойчивых методов ведения хозяйства и рационального использования ресурсов, например, в том что касается забора грунтовых вод.

Список сокращений

°C	Градусов по Цельсию	МЭА	Международное энергетическое агентство
3 сигмы	Явления, которые на три стандартных отклонения отличаются от среднего значения за предыдущие периоды	ISI-MIP	Межотраслевая сопоставительная модель воздействия
5 сигм	Явления, которые на пять стандартных отклонений отличаются от среднего значения за предыдущие периоды	МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
ИА	Индекс аридности	ИИА	Июнь, июль, август
ANN	За год, ежегодно	MAGICC	Модель для оценки климатических изменений под воздействием парниковых газов
МОЦСАО	Модель общей циркуляции в системе «атмосфера-океан»	MGIC	Горные ледники и ледяные покровы
ДО4	Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата	СП	Северное полушарие
ДО5	Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата	ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
BAU	Инерционный сценарий	PDSI	Индекс интенсивности засухи Палмера
CaCO ₃	Карбонат кальция	Ч./млн	Число частей на миллион
CAT	Climate Action Tracker (исследование/доклад)	PPPK	Путь распространения репрезентативной концентрации
CMIP5	Совмещенная сопоставительная модель в рамках 5-й стадии проекта	ПКМ	Простая климатическая модель
CO ₂	Двуокись углерода	ПУМ	Повышение уровня моря
DIVA	Динамическая интерактивная оценка уязвимости	СДСВ	Специальный доклад МГЭИК о сценариях выбросов
ДЯФ	Декабрь, январь, февраль	СДЭКС	Специальный доклад МГЭИК по управлению рисками экстремальных явлений и бедствий в целях содействия адаптации к изменению климата
РЧК	Равновесная чувствительность климата	АЮС	Африка к югу от Сахары
МОЦ	Модель общей циркуляции	ЮНЭП	Программа ООН по окружающей среде
ВВП	Валовой внутренний продукт	РКИК ООН	Рамочная конвенция ООН по изменению климата
FPU	Единица питательности продукта питания	УРКООН	Управление резидента-координатора ООН
GFDRR	Глобальный механизм смягчения и ликвидации последствий стихийных бедствий	АМР США	Агентство международного развития США
МКО	Модель комплексной оценки	ВБ	Всемирный банк (Группа Всемирного банка)

Индекс аридности. Индекс аридности (засушливости) (ИА) – показатель разработанный для идентификации структурно «засушливых» регионов, т.е. регионов, где на протяжении продолжительных периодов времени ощущается дефицит осадков. ИА рассчитывается, как общее количество осадков за год, поделенное на потенциальную эвапотранспирацию, являющуюся показателем количества воды, которое необходимо типичной сельскохозяйственной культуре для роста в течение года при определенных местных условиях, таких как температура, инсоляция и скорость ветра, — т.е. является стандартным показателем потребности в воде.

Биом. Биом – это крупная географическая зона, где преобладают конкретные виды растений или животных, с ограниченным количеством крупных ареалов обитания, характеризующаяся определенными видами климата и растительности. Биомы являются, например, пастбищные угодья, пустыни, вечнозеленые или лиственные леса и тундра. В рамках каждого биома в широком понимании могут существовать множество различных экосистем, для которых характерны определенные общие климатические и другие природные условия в пределах данного биома.

Растения C3/C4. Два вида фотосинтетического биохимического метаболизма. К категории C3 относится более 85 процентов флоры земли (например, большинство деревьев, пшеница, рис, батат и картофель). Они хорошо реагируют на влажные условия и на повышение содержания двуокиси углерода в атмосфере. Растения, относящиеся к категории C4 (например, травянистые растения саванны, кукуруза, сорго, просо, сахарный тростник) более эффективно используют воду и энергию и лучше, чем растения категории C3, приспособлены к жаркому и засушливому климату.

CAT. *The Climate Action Tracker* (CAT) – это независимое научное исследование, в ходе которого ведется наблюдение за тем, какие обязательства принимают конкретные страны в плане сокращения выбросов и какие действия они предпринимают в этой связи. Оценки относительно будущих выбросов, выведенные на основе результатов наблюдения, позволяют проанализировать сценарии потепления при той политике, которая проводится в настоящее время. Этими сценариями являются (а) Исходный инерционный сценарий (BAU), или «сценарий обычного развития», при которой политика в отношении изменения климата остается неизменной; и (б) Сценарий с учетом обязательств, т.е. сценарий, в котором учитываются принятые странами обязательства по сокращению выбросов.

CMIP5. Пятый проект по сравнению совмещенных моделей (CMIP5). В рамках проекта были объединены 20 самых современных групп моделей общей циркуляции (МОЦ), при помощи которых был составлен крупный набор сопоставимых данных, используемых для прогнозирования климата. Этот проект послужил основой для скоординированных экспериментов по изучению изменения климата и включает использование моделей для оценки в ДО5 МГЭИК

Обогащение атмосферы двуокисью углерода. Эффект обогащения атмосферы двуокисью углерода может усиливать фотосинтез в основном в растениях категории C3, и способствовать более эффективному использованию воды, таким образом увеличивая массу зерна, а значит повышая урожайность сельскохозяйственных культур, относящихся к категории C3. Этот эффект может в определенной степени компенсировать отрицательное воздействие изменения климата, хотя содержание белка в зерне может снижаться. Долгосрочные последствия пока не до конца изучены, поскольку они в значительной степени

зависят от потенциальной физиологической акклиматизации к повышению содержания двуокси углерода в долгосрочной перспективе, а также от других ограничивающих факторов, таких как содержание питательных веществ в почве, вода и свет.

МОЦ. Модель общей циркуляции – наиболее современный и передовой вид климатической модели, используемый для прогнозирования изменений климата под воздействием повышения концентрации парниковых газов, аэрозолей и других факторов внешнего воздействия, таких как изменения в солнечной активности и извержения вулканов. Эти модели содержат численные представления физических процессов в атмосфере, океане, криосфере и на поверхности земли в глобальной трехмерной сетке, причем типичное горизонтальное разрешение МОЦ современного поколения составляет от 100 до 300 км.

ВВП (Валовой внутренний продукт) – это сумма валовой добавленной стоимости, произведенной всеми производителями-резидентами экономики, плюс любые налоги на товары и минус любые субсидии, не учтенные в стоимости продукции. ВВП рассчитывается без вычета суммы начисленного износа произведенных активов и без учета истощения или деградации природных ресурсов.

ВВП (ППП) в расчете на душу населения – это ВВП, рассчитанный на основе паритета покупательной способности, поделенный на численность населения. Необходимо отметить следующее: в то время как оценки ППП по странам ОЭСР являются довольно достоверными, оценки ППП по развивающимся странам часто являются весьма приблизительными.

Сверхзасушливость. Территории, характеризующиеся очень низким индексом аридности (ИА), как правило совпадающие с крупными пустынями. Не существует какого-то универсального стандартного показателя сверхзасушливости, а в настоящем докладе значения коэффициента от 0 до 0,05 означают сверхзасушливость.

ДО4 и ДО5 МГЭИК. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) – ведущая организация, занимающаяся оценками глобального изменения климата. В состав этой группы входят сотни ведущих ученых со всего мира. Она регулярно публикует доклады об оценке, в которых подробно представлена самая последняя научная, техническая и социально-экономическая информация об изменении климата и его последствиях. Четвертый доклад об оценке (ДО4) был опубликован в 2007 году. Работа над следующим, Пятым докладом об оценке (ДО5) будет завершена в 2013/14 годах.

ISI-MIP. Первый Проект межотраслевого сравнения моделей воздействия (ISI-MIP) – это проект, в рамках которого сравнивается глобальное воздействие на различные сектора на основе вновь разработанных климатических (Пути распространения репрезентативной концентрации (ППРК)) и социально-экономических сценариев. В рамках этого проекта были сопоставлены более 30 моделей по пяти секторам (сельское хозяйство, водные ресурсы, биомы, здоровье и инфраструктура).

MAGICC. Модель для оценки климатических изменений под воздействием парниковых газов. В данном случае «упрощенная» климатическая модель/модель углеродного цикла используется в порядке вероятностного анализа, для составления «наиболее вероятных» прогнозов относительно средней величины глобального потепления, при которых амплитуда неопределенности зависит от факторов неопределенности в том, что касается углеродного цикла, климатической системы и чувствительности климата. Модель ограничена результатами наблюдений температур суши и океана за прошлые периоды и оценками притока тепла в океан за прошлые периоды, позволяет достоверно определить степень концентрации CO_2 в атмосфере по сравнению с высокосложными моделями углеродного цикла, а также способна спрогнозировать среднемировой показатель потепления у поверхности, согласующийся с оценками, составленными с использованием МОЦ.

Доиндустриальные уровни (что означает нынешнее потепление на $0,8^\circ\text{C}$). Зарегистрированные при помощи приборов данные о температуре показывают, что средние за 20 лет среднемировые температуры воздуха у поверхности в период с 1986 по 2005 год были примерно на $0,6^\circ\text{C}$ выше средних температур за период с 1851 по 1879 год. Однако наблюдаются существенные межгодовые вариации данных и погрешности в измерениях. Кроме того, средний показатель потепления в период с 1986 по 2005 год не вполне соответствует тому, что происходит в настоящее время. Если проследить линейный тренд за период с 1901 по 2010 год, со времени «ранней индустриализации» климат потеплел на $0,8^\circ\text{C}$. Данные о среднемировых температурах воздуха у поверхности зарегистрированы за период, начиная приблизительно с 1850 года. В первые годы наблюдений число наблюдательных станций было невелико, но со временем оно быстро увеличивалось. К периоду с 1850 по 1900 год индустриализация уже шла полным ходом, поэтому период с 1851 по 1879 год можно считать базовым периодом, а 1901 год — началом анализа линейного тренда, результаты которого могут недооценить нынешнее и будущее потепление, однако глобальный объем выбросов парниковых газов ближе к концу 19 века был довольно незначительным,

а неопределенность в том, что касается моделирования температур до этого периода, значительно выше.

ПРРК. Пути распространения репрезентативной концентрации (ПРРК), рассчитываются на основе тщательно подобранных сценариев для моделирования комплексной оценки, моделирования климата, а также для моделирования и анализа последствий. В этой работе нашли свое отражение новые экономические данные, информация о новых технологиях и результаты наблюдения за экологическими факторами, такими как землепользование и изменения в почвенно-растительном покрове, за период продолжительностью почти десять лет. В отличие от подробных социально-экономических сюжетных линий, которые могут быть использованы для составления сценариев выбросов, ПРРК представляют собой последовательные наборы прогнозов относительно только лишь тех компонентов радиационного воздействия (изменение баланса между входящей солнечной радиацией и исходящей коротковолновой и длинноволновой радиацией, в основном под воздействием изменений в газовом составе атмосферы), которые могут быть использованы для моделирования климата. Эти траектории радиационного воздействия не связаны с какими-то конкретными социально-экономическими сценариями или сценариями выбросов. Они могут быть результатами различных сочетаний экономических, технологических, демографических, политических и институциональных перспективных факторов.

ПРРК2.6. ПРРК2.6 – это сценарий, являющийся репрезентативным по отношению к описанным в литературе сценариям смягчения воздействия с целью ограничения глобального потепления 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом. Эта динамика выбросов используется во многих исследованиях, результаты которых будут учтены в Пятом докладе об оценке МГЭИК, и является базовым сценарием с низким уровнем выбросов применительно к последствиям, оцениваемым в других разделах настоящего доклада. В этом докладе мы называем ПРРК2.6 сценарием глобального потепления на 2°C.

ПРРК8.5. ПРРК8.5 – это сценарий, в котором за основу берется отсутствие изменения климата при относительно высоком уровне выбросов парниковых газов и который используется во многих исследованиях, результаты которых будут учтены в Пятом докладе об оценке МГЭИК (ДО5). Этот сценарий также является базовым сценарием с высоким уровнем выбросов применительно к последствиям, оцениваемым в других разделах настоящего доклада. В этом докладе мы называем ПРРК8.5 сценарием глобального потепления на 4°C по сравнению с доиндустриальным уровнем.

Тяжелые и экстремальные. Так называют необычные (отрицательные) последствия. Эти термины часто ассоциируются с каким-то дополнительным определением, типа «необычный» или «беспрецедентный», имеющим определенное количественное значение (см. «необычный и беспрецедентный»).

СДСВ. В Специальном докладе о сценариях выбросов (СДСВ), опубликованном МГЭИК в 2000 году, были представлены прогнозы относительно климата для Четвертого доклада об оценке (ДО4) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Эти прогнозы не учитывают предположения относительно смягчения воздействия. В процессе работы над СДСВ были рассмотрены 40 различных сценариев, каждый из которых основан на различных предположениях относительно определяющих факторов будущего уровня выбросов парниковых газов. Сценарии подразделены на 4 широких категории высокого и низкого уровней выбросов.

СДЭКС. В 2012 году МГЭИК опубликовал Специальный доклад по управлению рисками экстремальных явлений и бедствий в целях содействия адаптации к изменению климата (СДЭКС). В докладе представлены результаты оценки физических и социальных факторов, от которых зависит уязвимость от стихийных бедствий, связанных с изменением климата, и описание возможностей для эффективного управления рисками стихийных бедствий.

Необычные и беспрецедентные. В настоящем докладе необычные и беспрецедентные экстремально высокие температуры определяются на основе пороговых величин исторической изменчивости климата в конкретном месте. Поэтому абсолютное значение пороговой величины зависит от естественной межгодовой изменчивости на протяжении базового периода (1951–1980), которая обозначается стандартным отклонением (сигма). Необычные экстремально высокие температуры определяются, как три стандартных отклонения (3 сигмы). При обычном распределении 3 стандартных отклонения наблюдаются раз в 740 лет. Такими событиями были аномальная жара в США в 2012 году и аномальная жара в России в 2010 году. Беспрецедентные экстремально высокие температуры определяются, как пять стандартных отклонений (5 сигм). Такие явления наблюдаются раз в несколько миллионов лет. Месячные данные о температурах не обязательно имеют нормальное распределение (например, распределение может иметь «вытянутый хвост», когда случаи повышения температур более вероятны), а периодичность может отличаться от той, которая ожидается при нормальном распределении. Тем не менее, отклонения в 3 сигмы весьма маловероятны, а отклонения в 5 сигм почти наверняка до сих пор никогда не происходили.

