

МГЭИК

МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ГРУППА ЭКСПЕРТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, 2013 г.

Физическая научная основа

Резюме для политиков

РГ I

ВКЛАД РАБОЧЕЙ ГРУППЫ I В ПЯТЫЙ ДОКЛАД
ОБ ОЦЕНКЕ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ГРУППЫ
ЭКСПЕРТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА



Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа

Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата

Резюме для политиков

Редакторы:

Томас Ф. Стоккер

Сопредседатель Рабочей группы I
Бернский университет

Дахэ Цинь

Сопредседатель Рабочей группы I
Китайское метеорологическое управление

Джиан-Каспер Платтнер

Научный директор

Мелинда М. Б. Тигнор

Директор по оперативным вопросам

Симон К. Аллен

Старший научный сотрудник

Джудит Бошунг

Помощник по административным вопросам

Александр Науэлс

Помощник по научным вопросам

Юй Ся

Научный сотрудник

Винсент Бекс

Сотрудник по ИТ

Паулин М. Мидглей

Руководитель

Группа технической поддержки Рабочей группы I

Фотография на обложке: Ледник Фолгефонна на высокогорном плато Серфьорда, Норвегия (60°03' с. ш. – 6°20' в. д.) © Yann Arthus-Bertrand / Altitude.

Напечатано в октябре 2013 г. МГЭИК, Швейцария. Электронные экземпляры настоящего Резюме для политиков имеются на веб-сайте МГЭИК www.ipcc.ch и на веб-сайте Д05 РГ I МГЭИК www.climatechange2013.org.

© 2013 г., Межправительственная группа экспертов по изменению климата

Резюме для политиков

Резюме для ПОЛИТИКОВ

Авторы-составители:

Лиза В. Александер (Австралия), Симон К. Аллен (Швейцария/Новая Зеландия), Натаниэль Л. Биндофф (Австралия), Франсуа-Мари Бреон (Франция), Джон А. Черч (Австралия), Ульрих Кубаш (Германия), Сейта Эмори (Япония), Пирс Форстер (СК), Пьер Фридлигштайн (СК/Бельгия), Натан Жиллетт (Канада), Джонатан М. Грегори (СК), Деннис Л. Хартманн (США), Эйстайн Янсен (Норвегия), Бен Киртман (США), Рето Кнутти (Швейцария), Кришна Кумар Каникичарла (Индия), Петер Лемке (Германия), Иохем Мароцке (Германия), Валерии Массон-Дельмотт (Франция), Джеральд А. Михль (США), Игорь И. Мохов (Российская Федерация), Шилун Пяо (Китай), Джиан-Каспер Платтнер (Швейцария), Цинь Дахэ (Китай), Венкатачалам Рамасвами (США), Дэвид Рэндалл (США), Моника Рейн (Германия), Маиса Рохас (Чили), Кристофер Сабин (США), Дрю Шиндел (США), Томас Ф. Стоккер (Швейцария), Линн Д. Толлей (США), Дэвид Г. Воан (СК), Шан-Пин Се (США)

Авторы, внесшие вклад в подготовку доклада:

Майлз Р. Аллен (СК), Оливье Буше (Франция), Дон Чемберс (США), Энс Хессельбьерг Кристенсен (Дания), Филипп Сие (Франция), Питер Ю. Кларк (США), Мэттью Коллинз (СК), Джозефино К. Комисо (США), Вивьян Васконселлос Де Менезес (Австралия/Бразилия), Ричард А. Фили (США), Тьерри Фишефе (Бельгия), Арлин М. Фьоре (США), Грегори Флато (Канада), Ян Фуглестведт (Норвегия), Габриэль Хегерль (СК/Германия), Поль Ж. Хезель (Бельгия/США), Грегори К. Джонсон (США), Георг Казер (Австралия/Италия), Владимир Катцов (Российская Федерация), Джон Кеннеди (СК), Альберт М. Г. Клайн Танк (Нидерланды), Корин Лё Кере (СК), Гуннар Михре (Норвегия), Тимоти Осборн (СК), Энтони Дж. Пейн (СК), Джудит Перлвиц (США), Скотт Пауэр (Австралия), Майкл Прэтер (США), Стефен Р. Ринтул (Австралия), Джоэри Рогель (Швейцария/Бельгия), Матильда Рустикуччи (Аргентина), Микаэль Шульц (Германия), Ян Седлачек (Швейцария), Питер А. Стотт (СК), Роуан Саттон (СК), Питер У. Торн (США/Норвегия/СК), Дональд Уэбблес (США)

При ссылках на настоящее Резюме для политиков следует указывать:

МГЭИК, 2013 г.: Резюме для политиков. Содержится в публикации *Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата*. [Стоккер, Т.Ф., Д. Цинь, Дж.-К. Платтнер, М. Тигнор, С. К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В. Бекс и П. М. Мидглей (редакторы)]. Кембридж Университи Пресс, Кембридж, Соединенное Королевство, и Нью-Йорк, США.

А. Введение

Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке МГЭИК (Д05) состоит в рассмотрении новых свидетельств изменения климата, основанных на многочисленных независимых научных анализах данных наблюдений за климатической системой, палеоклиматических архивов, теоретических исследований климатических процессов и результатах моделирования с помощью климатических моделей. Данный материал основывается на вкладе Рабочей группы I в Четвертый доклад об оценке (Д04) МГЭИК и включает результаты новых, более поздних исследований. Будучи компонентом пятого цикла оценки, Специальный доклад МГЭИК по управлению рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата (СДЭБ) служит важной информационной базой по изменяющимся метеорологическим и климатическим экстремальным явлениям.

Настоящее Резюме для политиков (РП) соответствует структуре доклада Рабочей группы I. Изложение фактов подкрепляется серией обобщающих, выделенных особо выводов, которые в своей совокупности составляют краткое резюме. Основные разделы содержат введение в виде краткого, выделенного курсивом абзаца, в котором излагается методологическая база оценки.

Степень уверенности в ключевых выводах этой оценки основана на анализе группами авторов лежащих в их основе научных представлений и выражается посредством качественного уровня достоверности (от *весьма низкого* до *весьма высокого*) и, по мере возможности, вероятностно, через количественно определенную вероятность (от *исключительно маловероятно* до *практически определено*). Уверенность в обоснованности каждого вывода основана на виде, количестве, качестве и непротиворечивости данных (например, фактов, понимания механизмов, теории, моделей, экспертных заключений) и степени их согласованности¹. Вероятностные оценки количественных показателей неопределенности в каждом выводе основаны на статистическом анализе данных наблюдений или результатах моделирования, или на тех и других, а также на экспертных заключениях². Там, где это уместно, выводы формулируются в виде констатации фактов без использования качественных оценок неопределенности. (Более подробно о специфических терминах, используемых МГЭИК для передачи неопределенности, см. в главе 1 и вставку ТР.1).

Обоснование основных пунктов настоящего Резюме для политиков можно найти в разделах глав лежащего в основе доклада и в Техническом резюме. Соответствующие ссылки даются в фигурных скобках.

В. Наблюдаемые изменения климатической системы

В основе наблюдений за климатической системой лежат прямые измерения и дистанционное зондирование, осуществляемое со спутников и других платформ. Наблюдения за температурой и другими переменными в глобальном масштабе начались в середине XIX-го века с наступлением эры инструментальных методов, а с 1950 г. стали доступны более всеобъемлющие и разнообразные ряды наблюдений. Палеоклиматические реконструкции удлиняют некоторые ряды на периоды от сотен до миллионов лет назад. В своей совокупности они дают всестороннее представление об изменчивости и долгосрочных изменениях в атмосфере, океане, криосфере и на поверхности суши.

Потепление климатической системы является неоспоримым фактом, и начиная с 1950-х годов многие наблюдаемые изменения являются беспрецедентными в масштабах от десятилетий до тысячелетий. Произошло потепление атмосферы и океана, запасы снега и льда сократились, уровень моря повысился, концентрации парниковых газов возросли (см. рисунки РП.1, РП.2, РП.3 и РП.4). {2.2, 2.4, 3.2, 3.7, 4.2–4.7, 5.2, 5.3, 5.5–5.6, 6.2, 13.2}

¹ В настоящем Резюме для политиков для описания имеющихся свидетельств используются следующие обобщенные термины: ограниченные, средние или надежные; и для степени согласия: низкая, средняя или высокая. Степень достоверности выражается при помощи пяти качественных оценок: весьма низкая, низкая, средняя, высокая и весьма высокая, а также посредством текста курсивом, например *средняя степень достоверности*. Какому-либо свидетельству и степени согласия могут присваиваться различные степени достоверности, однако возрастание уровня свидетельства и степени согласия коррелирует с увеличением степени достоверности (более подробно см. главу 1 и вставку ТР.1).

² В настоящем Резюме для политиков использованы следующие термины для указания оцененной вероятности какого-либо эффекта или результата: практически определено – вероятность 99–100 %; весьма вероятно – 90–100 %; вероятно – 66–100 %; относительно вероятно – 33–66 %; маловероятно – 0–33 %; весьма маловероятно – 0–10 %; исключительно маловероятно – 0–1 %. Когда это целесообразно, могут также использоваться дополнительные термины (чрезвычайно вероятно: 95–100 %; скорее вероятно, чем нет – >50–100 %; и крайне маловероятно – 0–5 %). Оценка вероятности показана курсивом, например *весьма вероятно* (более подробно см. главу 1 и вставку ТР.1).

В.1 Атмосфера

Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием начиная с 1850 г. (см. рисунок РП.1). В Северном полушарии 1983–2012 годы были, вероятно, самым теплым 30-летним периодом за последние 1 400 лет (средняя степень достоверности). {2.4, 5.3}

РП

- Глобально усредненные совокупные данные о температуре поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на $0,85 [0,65-1,06] \text{ } ^\circ\text{C}^3$ за период 1880–2012 гг., за который имеются многочисленные, независимо полученные, массивы данных. Общее увеличение среднего показателя за период 2003–2012 гг. по сравнению с 1850–1900 гг. составляет $0,78 [0,72-0,85] \text{ } ^\circ\text{C}$, как следует из одного, самого длинного ряда данных⁴ (см. рисунок РП.1). {2.4}
- В течение самого продолжительного периода, по которому расчет региональных трендов является достаточно адекватным (1901–2012 гг.), потепление наблюдалось почти во всем мире (см. рисунок РП.1). {2.4}
- Помимо явного повышения на протяжении нескольких десятилетий, средняя глобальная приземная температура демонстрирует существенную десятилетнюю и межгодовую изменчивость (см. рисунок РП.1). Вследствие естественной изменчивости климата тренды, рассчитанные на основе коротких рядов наблюдений, в значительной степени зависят от дат начала и окончания периода и в целом не отражают долгосрочные климатические тенденции. Одним из примеров является тот факт, что темпы потепления за последний 15-летний период (1998–2012 гг.; $0,05$ [от $-0,05$ до $0,15$] $^\circ\text{C}$ за десятилетие), который начинается с мощного явления Эль-Ниньо, ниже темпов, рассчитанных с 1951 г. (1951–2012 гг.; $0,12 [0,08-0,14] \text{ } ^\circ\text{C}$ за десятилетие)⁵. {2.4}
- Реконструкции значений приземной температуры в континентальном масштабе показывают с *высокой степенью достоверности* наличие охватывающих много десятилетий периодов во время средневековой климатической аномалии (950-1250 гг.), которые были в некоторых регионах такими же теплыми, как и в конце XX-го века. Эти региональные теплые периоды не были столь согласованными в разных регионах, как при потеплении в конце XX-го века (*высокая степень достоверности*). {5.5}
- *Практически определено*, в глобальном масштабе за период начиная с середины XX-го века тропосфера потеплела. Более полные данные наблюдений допускают большую, чем где-либо еще, степень достоверности при оценке изменений температуры тропосферы во внетропической зоне Северного полушария. Имеется *средняя степень достоверности* в отношении темпов потепления и его вертикальной структуры во внетропической тропосфере Северного полушария, и *низкая степень достоверности* – в остальных районах. {2.4}
- *Степень достоверности* в отношении изменения количества осадков, осредненного по всем районам суши в глобальном масштабе с 1901 г., является *низкой* за период до 1951 г. и *средней* – за последующий период. В среднем в средних широтах в Северном полушарии количество осадков увеличилось с 1901 г. (*средняя степень достоверности* до 1951 г. и *высокая степень* – после). Для других широт осредненные по площади долгосрочные положительные и отрицательные тренды характеризуются *низкой степенью достоверности* (см. рисунок РП.2). {ТФЕ.1 ТР, рисунок 2; 2.5}
- Изменения во многих экстремальных метеорологических и климатических явлениях наблюдаются приблизительно с 1950 г. (более подробно см. таблицу РП.1). *Весьма вероятно*, что в глобальном масштабе число холодных дней и ночей снизилось, а число теплых дней и ночей увеличилось⁶. *Вероятно*, что повторяемость волн тепла возросла на значительной части территории Европы, Азии и Австралии. *Вероятно*, насчитывается большее число участков суши, где увеличилось количество случаев выпадения сильных осадков, чем участков, где количество таких случаев уменьшилось. Повторяемость и интенсивность сильных осадков, *вероятно*, увеличились в Северной Америке и Европе. На других континентах степень *достоверности* изменений, касающихся явлений сильных осадков, в лучшем случае, *средняя*. {2.6}

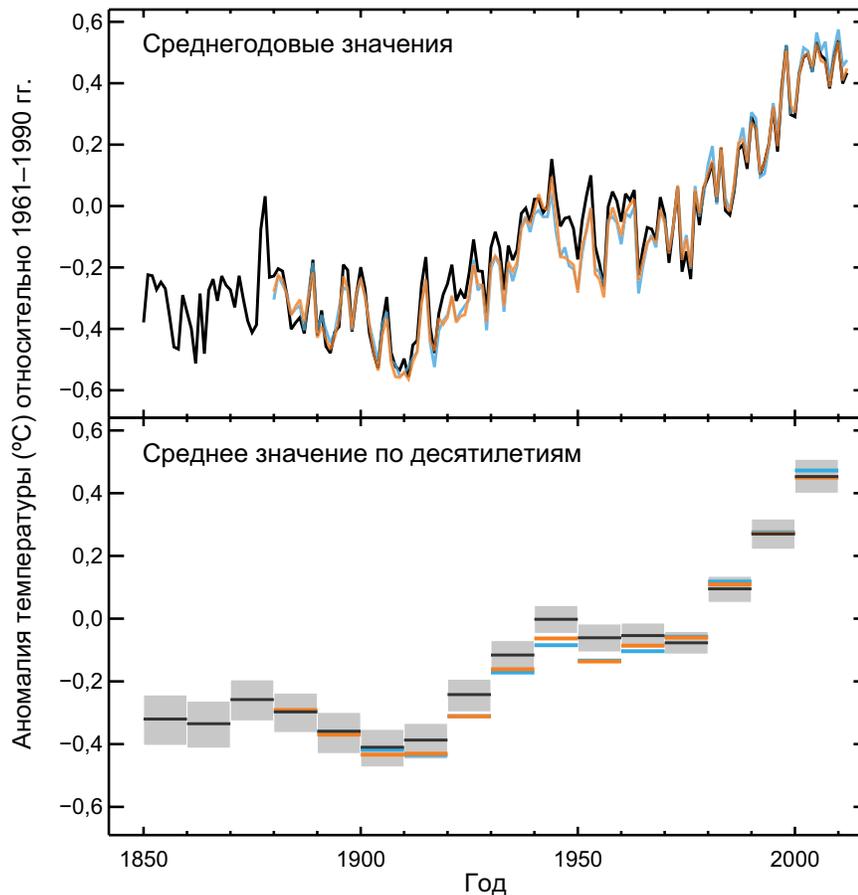
³ Во вкладе РГ I в Д05 при количественной оценке неопределенности используются 90-процентные интервалы неопределенности, если не указывается иное. 90-процентный интервал неопределенности, указанный в квадратных скобках, с вероятностью 90 % включает оцениваемую величину. Интервалы неопределенности не обязательно являются симметричными относительно соответствующей наилучшей оценке. Наилучшая оценка этой величины также приводится, если она имеется.

⁴ Оба метода, представленные в этом пункте, также использовались в Д04. Первый рассчитывает разницу посредством использования линейного тренда, обеспечивающего наилучшее соответствие всех значений между 1880 и 2012 гг. Второй метод оценивает разницу между средними значениями за два периода: 1850-1900 гг. и 2003–2012 гг. В этой связи результирующие значения и их 90-процентные интервалы неопределенности не являются непосредственно сопоставимыми. {2.4}

⁵ Тренды для 15-летних периодов, начинающихся с 1995, 1996 и 1997 гг., составляют $0,13 [0,02-0,24] \text{ } ^\circ\text{C}$, $0,14 [0,03-0,24] \text{ } ^\circ\text{C}$ и $0,07$ [от $-0,02$ до $0,18$] $^\circ\text{C}$ за десятилетие соответственно.

⁶ Определения терминов: холодные дни/холодные ночи, теплые дни/теплые ночи, волны тепла см. в Глоссарии.

а) Наблюдаемая в период 1850–2012 гг. средняя глобальная аномалия совокупной температуры поверхности суши и поверхности океана



б) Наблюдаемое изменение приземной температуры в период 1901–2012 гг.

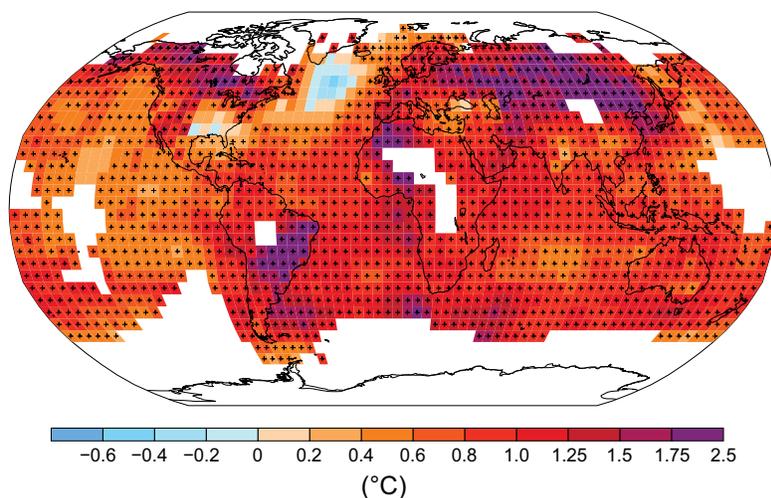


Рисунок РП.1. а) Наблюдаемые в период 1850–2012 гг. средние глобальные аномалии совокупной температуры поверхности суши и океана на основе трех массивов данных. Верхняя часть: среднегодовые значения. Нижняя часть: средние значения по десятилетиям, включая оценку неопределенности для одного ряда данных (черный цвет). Аномалии показаны относительно средних значений 1961–1990 гг. б) Карта наблюдаемого с 1901 по 2012 гг. изменения приземной температуры, составленная согласно трендам температуры, определенным посредством метода линейной регрессии по одному ряду данных (оранжевая линия в части «а»). Тренды были рассчитаны для тех мест, где наличие данных позволяет дать надежную оценку (т. е. только для ячеек сетки с наличием более 70 % от возможного объема данных, причем более 20 % от возможного объема данных за первые и последние 10 % периода наблюдений). Другие районы показаны белым цветом. Ячейки сетки, для которых статистическая значимость тренда достигает 10 %, показаны знаком «+». Перечень рядов данных и более подробную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме. [Рисунки 2.19–2.21; рисунок ТР.2]

Таблица РП.1. Экстремальные метеорологические и климатические явления: оценка в глобальном масштабе недавно наблюдавшихся изменений, антропогенный вклад в эти изменения и прогнозируемые дальнейшие изменения на начало (2016–2035 гг.) и конец (2081–2100 гг.) XXI-го века. Жирным шрифтом показаны те случаи, когда Д05 (черный цвет) содержит пересмотренную* оценку в глобальном масштабе по сравнению со СД3Б (синий цвет) или Д04 (красный цвет). В предыдущих докладах об оценке не были представлены проекции на начало XXI-го века. Проекция в Д05 относительно базового периода 1986–2005 гг. и в них использованы новые сценарии репрезентативных траекторий концентраций (РТК) (см. вставку РП.1), если не указано иное. Определения экстремальных метеорологических и климатических явлений см. в Глоссарии.

Явление и направление тренда	Оценка вероятности произошедших изменений (обычно после 1950 г., если не указано иное)	Оценка антропогенного вклада в наблюдаемые изменения	Вероятность дальнейших изменений	
			Начало XXI-го века	Конец XXI-го века
Более теплые дни и ночи и/или меньшее число холодных дней и ночей в большинстве районов суши	Весьма вероятно {2.6}	{10.6}	Вероятно {11.3}	{12.4}
	Весьма вероятно Весьма вероятно			
Более теплые дни и ночи и/или более частые теплые дни и ночи в большинстве районов суши	{2.6}	{10.6}	{11.3}	{12.4}
	Весьма вероятно Весьма вероятно			
Теплые периоды/волны тепла. Повторяемость и/или продолжительность возросли в большинстве районов суши	Средняя степень достоверности в глобальном масштабе Вероятно на значительных территориях Европы, Азии и Австралии {2.6}	{10.6}	Официальная оценка не проводилась ^b {11.3}	{12.4}
	Средняя степень достоверности во многих (но не во всех) регионах Вероятно			
Случай сильных осадков. Увеличение повторяемости, интенсивности и/или количества сильных осадков	Вероятно, больше регионов суши с увеличением, чем с уменьшением ^c {2.6}	{7.6, 10.6}	{11.3}	{12.4}
	Вероятно, больше регионов суши с увеличением, чем с уменьшением Вероятно над большинством районов суши			
Увеличение интенсивности и/или продолжительности засухи	Низкая степень достоверности в глобальном масштабе Вероятно изменения в некоторых регионах ^d {2.6}	{10.6}	Низкая степень достоверности {11.3}	{12.4}
	Средняя степень достоверности в некоторых регионах Вероятно во многих регионах с 1970 г.*			
Усиление интенсивной циклонической активности в тропиках	Низкая степень достоверности долгосрочных (вековых) изменений. Практически вероятно в Северной Атлантике с 1970г. {2.6}	{10.6}	Низкая степень достоверности {11.3}	{14.6}
	Низкая степень достоверности Вероятно в некоторых регионах с 1970 г.			
Увеличение количества случаев и/или величин экстремально высокого уровня моря	Вероятно (с 1970 г.) {3.7}	{3.7}	Вероятно ^e {13.7}	{13.7}
	Вероятно (конец XX-го века) Вероятно			

* Прямое сравнение результатов оценок, содержащихся в докладах, является затруднительным. Для некоторых климатических переменных оценивались различные характеристики, и для СД3Б и Д05 использовались переработанное руководство по неопределенностям. Наличие новой информации, более глубокого научного понимания, постоянные анализы данных и моделей и конкретные различия в методологиях, применяемых в оцениваемых исследованиях – все эти факторы внесли вклад в уточнение оценок.

Примечания:

- Объяснения основаны на имеющихся тематических исследованиях. Вероятно, что антропогенное влияние более чем в два раза повысило вероятность появления волн тепла, наблюдаемых в некоторых регионах.
- Модели прогнозируют увеличение в ближайшей перспективе продолжительности, интенсивности и пространственной протяженности волн тепла и теплых периодов.
- По большинству компонентов степени достоверности трендов является не выше *средней*, за исключением Северной Америки и Европы, где были, вероятно, увеличения либо погрешности, либо интенсивности сильных осадков с определенными сезонными и/или региональными колебаниями. *Весьма вероятно*, что наблюдалось их увеличение в центральной части Северной Америки.
- Повторяемость и интенсивность засухи, вероятно, увеличились в Средиземноморье и Западной Африке, и, вероятно, уменьшились в центральной части Австралии.
- В Д04 была сделана оценка затронутых засухой районов.
- В СД3Б степень достоверности того, что антропогенное влияние способствовало некоторым изменениям параметров засухи в масштабе отдельных влажных регионов.
- СД3Б оценил степень достоверности как *низкую* в определении причин изменений параметров засухи в масштабе отдельных влажных регионов.
- Прогнозируемые изменения во влажности почвы характеризуются *низкой степенью достоверности*.
- Прогнозируемые уменьшения влажности почвы и более суровые сельскохозяйственные засухи в масштабе от регионального до глобального (средняя степень достоверности) в засушливых в настоящее время регионах к концу этого века (согласно сценарию РТК8.5). Уменьшение влажности почвы в среднетропическом регионе, юго-западной части США и южных районах Африки согласуется с прогнозируемыми изменениями циркуляции Гадлера и повышением приземных температур, и, таким образом, существует высокая степень достоверности относительно вероятности высыхания почв в этих регионах к концу столетия (согласно сценарию РТК8.5).
- Существует *средняя степень достоверности* в отношении того, что уменьшение воздействия аэрозолей над Северной Атлантикой способствовало, по меньшей мере частично, наблюдаемому усилению активности тропических циклонов в этом регионе с 1970-х годов.
- Основано на экспертном заключении и оценке проекций, в которых использовался сценарий СД3Б А1В (или аналогичный).
- Объяснение основано на тесной связи между наблюдаемыми изменениями экстремально высокого и среднего уровня моря.
- Существует высокая степень достоверности относительно того, что такое повышение экстремально высокого уровня моря будет в первую очередь являться результатом повышения среднего уровня моря. Существует высокая степень достоверности относительно проекций штормовой активности и связанных с ней штормовых нагонов в конкретных регионах.
- СД3Б оценил как *весьма вероятно* возможность того, что повышение среднего уровня моря будет способствовать будущим положительным трендам изменений максимальной высоты подъема прибрежных уровней моря во время приливов.



Наблюдаемые изменения годового количества осадков над сушей

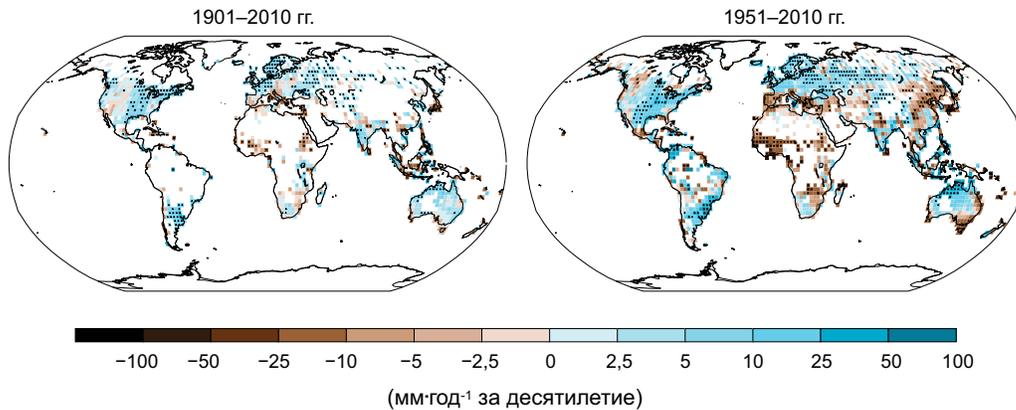


Рисунок РП.2. Карты наблюдаемого изменения количества осадков с 1901 по 2010 гг. и с 1951 по 2010 гг. (тренды ежегодного аккумулирования, рассчитанные с использованием тех же критериев, что и на рисунке РП.1) по одному массиву данных. Более подробную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {ТФЕ.1 ТР, рисунок 2; рисунок 2.29}

В.2 Океан

Повышение температуры океана является главным фактором, способствующим увеличению энергии, содержащейся в климатической системе; на его долю приходится более 90 % энергии, аккумулированной с 1971 по 2010 гг. (высокая степень достоверности). Практически определенно температура верхнего слоя океана (0–700 м) повысилась в период с 1971 по 2010 гг. (см. рисунок РП.3), и, вероятно, повышалась с 1870-х годов по 1971 г. {3.2, вставка 3.1}

- В глобальном масштабе повышение температуры океана было самым значительным вблизи поверхности, и температура в верхних 75 м повышалась на 0,11 [0,09–0,13] °C за десятилетие в период 1971–2010 гг. После выхода Д04 приборные погрешности в данных о температуре верхнего слоя океана были выявлены и уменьшены, в результате чего повысилась достоверность оценки изменения. {3.2}
- *Вероятно*, что с 1957 по 2009 гг. происходило повышение температуры океана на глубине от 700 до 2 000 м. Имеется достаточно данных наблюдений за период 1992–2005 гг. для глобальной оценки изменения температуры океана ниже 2 000 м. *Вероятно*, в этот период не наблюдалось никаких существенных трендов температуры на глубине от 2 000 до 3 000 м. *Вероятно*, что в этот период повысилась температура океана на глубине от 3 000 м до его дна, при этом самое большое повышение температуры наблюдалось в Южном океане. {3.2}
- Более 60 % чистого увеличения энергии в климатической системе наблюдается в верхнем слое океана (0–700 м) в течение 40-летнего периода с 1971 по 2010 гг., который характеризуется относительно большим количеством наблюдений, и около 30 % – на глубине более 700 м. Рост теплосодержания в верхнем слое океана в течение этого периода, оцененный на основе линейного тренда, составляет, *вероятно*, $17 [15–19] \times 10^{22}$ Дж⁷ (см. рисунок РП.3). {3.2, вставка 3.1}
- *Относительно вероятно*, что теплосодержание океана на глубине 0–700 м увеличивалось более медленно в 2003–2010 гг., чем в 1993–2002 гг. (см. рисунок РП.3). Поглощение тепла океаном на глубине 700–2 000 м, где межгодовая изменчивость является менее значительной, продолжалось, *вероятно*, непрерывно с 1993 по 2009 гг. {3.2, вставка 9.2}
- *Весьма вероятно*, что в регионах с повышенной соленостью, где идет активное испарение, вода стала еще более соленой, в то время как в регионах с низкими показателями солености, где выпадают обильные осадки, она стала еще более пресной после 1950-х годов. Эти региональные тренды в изменении уровня солености океана являются косвенным свидетельством изменения режима испарения и осадков над Мировым океаном (*средняя степень достоверности*). {2.5, 3.3, 3.5}
- Согласно данным десятилетних наблюдений за всей Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляцией (АМОЦ) и более продолжительных наблюдений за ее отдельными компонентами, в АМОЦ значимый тренд не обнаруживается. {3.6}

В.3 Криосфера

За последние два десятилетия Гренландский и Антарктический ледниковые покровы теряли массу, ледники продолжали сокращаться практически во всем мире, площадь морского льда в Арктике и весеннего снежного покрова в Северном полушарии продолжала уменьшаться (*высокая степень достоверности*) (см. рисунок РП.3). {4.2–4.7}

- Средняя скорость сокращения ледникового покрова⁸ по всему миру, за исключением ледников по периферии ледяных щитов⁹, составляла, *весьма вероятно*, 226 [91–361] Гт·год⁻¹ за период 1971–2009 гг., и, *весьма вероятно*, 275 [140–410] Гт·год⁻¹ за период 1993–2009 гг.¹⁰ {4.3}
- Средняя скорость сокращения массы льда Гренландского ледникового покрова, *весьма вероятно*, значительно увеличилась с 34 [от -6 до 74] Гт·год⁻¹ за период 1992–2001 гг. до 215 [157–274] Гт·год⁻¹ за период 2002–2011 гг. {4.4}
- Средняя скорость сокращения массы льда Антарктического ледникового покрова увеличилась, *вероятно*, с 30 [от -37 до 97] Гт·год⁻¹ в 1992–2001 гг. до 147 [72–221] Гт·год⁻¹ в 2002–2011 гг. С *весьма высокой степенью достоверности* эти потери происходят главным образом в северной части Антарктического полуострова и в секторе моря Амундсена в Западной Антарктике. {4.4}
- Среднегодовое значение площади арктического морского льда уменьшалось в течение 1979–2012 гг. темпами, которые, *весьма вероятно*, находились в диапазоне 3,5–4,1 % за десятилетие (диапазон 0,45–0,51 млн км² за десятилетие), а летний минимум площади арктического морского льда, *весьма вероятно*, сокращался на 9,4–13,6 % за десятилетие (диапазон 0,73–1,07 млн км² за десятилетие) (многолетний морской лед). Среднее сокращение площади арктического морского льда за десять лет было самым быстрым летом (*высокая степень достоверности*); протяженность льда сокращалась во все сезоны и в каждое последующее десятилетие начиная с 1979 г. (*высокая степень достоверности*) (см. рисунок РП.3). Согласно восстановленным данным, имеется *средняя степень достоверности* в отношении того, что за последние три десятилетия отступление арктического летнего морского льда было беспрецедентным, а температуры поверхности моря были аномально высокими за, по меньшей мере, последние 1 450 лет. {4.2, 5.5}
- *Весьма вероятно*, что с 1979 по 2012 гг. среднегодовое значение площади антарктического морского льда увеличивалось со скоростью от 1,2 до 1,8 % за десятилетие (в пределах 0,13–0,20 млн км² за десятилетие). Имеется *высокая степень достоверности* того, что существуют значительные региональные различия в этих среднегодовых темпах, при этом в некоторых регионах эта площадь увеличивается, а в других уменьшается. {4.2}
- С *весьма высокой степенью достоверности* площадь снежного покрова в Северном полушарии сократилась с середины XX-го века (см. рисунок РП.3). Площадь снежного покрова в Северном полушарии сокращалась на 1,6 [0,8–2,4] % за десятилетие в марте и апреле и на 11,7 [8,8–14,6] % за десятилетие в июне в период 1967–2012 гг. В течение этого периода статистически значимого увеличения площади снежного покрова в Северном полушарии ни в одном месяце не отмечалось. {4.5}
- С *высокой степенью достоверности* температуры вечной мерзлоты повысились в большинстве регионов с начала 1980-х годов. Отмечалось повышение температуры до 3 °C в северных частях Аляски (начало 1980-х – середина 2000-х годов) и до 2 °C на севере европейской части России (1971–2010 гг.). В последнем регионе в период 1975–2005 гг. наблюдалось значительное уменьшение толщины слоя вечной мерзлоты и занятой ею площади (*средняя степень достоверности*). {4.7}
- Многочисленные научные данные свидетельствуют о весьма существенном потеплении в Арктике с середины XX-го века. {Вставка 5.1, 10.3}

⁸ Все ссылки на «потерю льда» или «потерю массы» означают чистое сокращение ледяного покрова, т. е. образование минус таяние и откалывание айсбергов.

⁹ По причинам методологического характера эта оценка сокращения ледяных щитов Антарктики и Гренландии включает изменение окраинных ледников. Поэтому окраинные ледники не включены в данные, приведенные для ледников.

¹⁰ Сокращение ледяного покрова на 100 Гт·год⁻¹ приблизительно эквивалентно повышению среднего глобального уровня моря на 0,28 мм·год⁻¹.

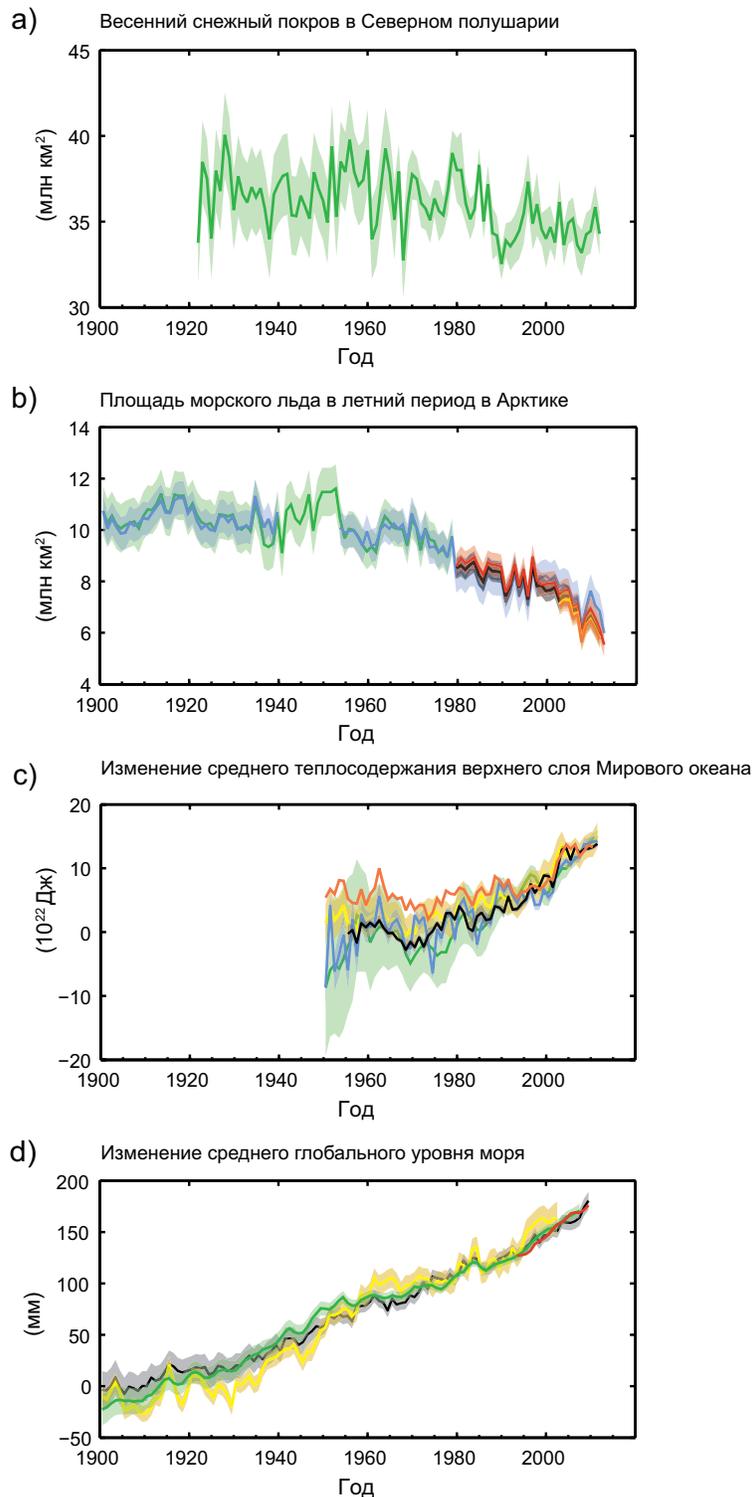


Рисунок РП.3. Многочисленные наблюдаемые показатели изменения глобального климата: а) среднее значение площади снежного покрова в Северном полушарии в марте-апреле (весна); б) среднее значение площади морского льда в Арктике в июле-августе-сентябре (лето); в) изменение среднего показателя теплосодержания в верхнем слое Мирового океана (0–700 м), откалиброванного по данным 2006–2010 гг. и по сравнению со средним значением по всем массивам данных за 1970 г.; д) глобальный средний уровень моря по сравнению со средним значением за 1900–1905 гг. по данным долгопериодных данных наблюдений при калибровке всех массивов данных таким образом, чтобы у них совпадали значения за 1993 г. – первый год получения данных спутниковой альтиметрии. Все динамические ряды (цветные линии, обозначающие различные массивы данных) показывают годовые значения, а в случае оценок неопределенность показана цветным затенением. Список массивов данных см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунки 3.2, 3.13, 4.19 и 4.3; ЧЗВ 2.1, рисунок 2; рисунок ТР.1}

В.4 Уровень моря

Темпы повышения уровня моря с середины XIX-го века превысили средние темпы за предыдущие два тысячелетия (*высокий уровень достоверности*). За период 1901–2010 гг. средний глобальный уровень моря повысился на 0,19 [0,17–0,21] м (см. рисунок РП.3). {3.7, 5.6, 13.2}

- Косвенные данные и данные измерений уровня моря свидетельствуют о переходе в конце XIX-го – начале XX-го века от относительно низких средних темпов повышения, наблюдавшихся в последние два тысячелетия, к более высоким (*высокий уровень достоверности*). Вероятно, что темпы повышения среднего глобального уровня моря продолжали увеличиваться с начала XX-го века. {3.7, 5.6, 13.2}
- *Весьма вероятно*, что средняя скорость повышения глобального среднего уровня моря составляла 1,7 [1,5–1,9] мм-год⁻¹ в 1901–2010 гг., 2,0 [1,7–2,3] мм-год⁻¹ в 1971–2010 гг. и 3,2 [2,8–3,6] мм-год⁻¹ в 1993–2010 гг. Данные с мареографов и спутниковых альтиметров подтверждают более высокие темпы повышения за последний период. Вероятно, что аналогичные высокие темпы наблюдались в 1920–1950 гг. {3.7}
- С начала 1970-х годов сокращение массы ледников и тепловое расширение океана в результате потепления, вместе взятые, почти на 75 % объясняют наблюдаемое повышение среднего глобального уровня моря (*высокая степень достоверности*). Повышение среднего глобального уровня моря на протяжении 1993–2010 гг. с *высокой степенью достоверности* обусловлено совокупностью наблюдаемых факторов: тепловое расширение океана в результате потепления (1,1 [0,8–1,4] мм-год⁻¹), изменения ледников (0,76 [0,39–1,13] мм-год⁻¹), ледяного щита Гренландии (0,33 [0,25–0,41] мм-год⁻¹), ледяного щита Антарктики (0,27 [0,16–0,38] мм-год⁻¹) и запасов вод суши (0,38 [0,26–0,49] мм-год⁻¹). Суммарное значение вклада этих факторов составляет 2,8 [2,3–3,4] мм-год⁻¹. {13.3}
- Существует *весьма высокая степень достоверности* в отношении того, что максимальное значение среднего глобального уровня моря в последнем межледниковом периоде (от 129 000 до 116 000 лет назад) на протяжении нескольких тысяч лет было по меньшей мере на 5 м выше сегодняшнего показателя, и с *высокой степенью достоверности* оно превышало нынешний уровень не больше чем на 10 м. В последний межледниковый период ледяной щит Гренландии способствовал, *весьма вероятно*, повышению уровня Мирового океана на 1,4–4,3 м, при этом дополнительному повышению со *средней степенью достоверности* способствовал ледяной щит Антарктики. Это изменение уровня моря произошло на фоне различных воздействий колебаний орбитальных характеристик Земли и с учетом того, что приземная температура в высоких широтах, усредненная за несколько тысяч лет, была по меньшей мере на 2 °C выше ее сегодняшнего значения (*высокая степень достоверности*). {5.3, 5.6}

В.5 Углеродный и другие биогеохимические циклы

Концентрации двуокиси углерода, метана и оксидов азота в атмосфере выросли до уровней, являющихся беспрецедентными по меньшей мере за последние 800 000 лет. Концентрации двуокиси углерода увеличились на 40 % с доиндустриального периода, в первую очередь за счет выбросов от сжигания ископаемого топлива, и, во-вторых, за счет нетто-выбросов в результате изменений в землепользовании. На поглощение океаном приходится около 30 % антропогенных выбросов двуокиси углерода, что приводит к подкислению океана (см. рисунок РП.4). {2.2, 3.8, 5.2, 6.2, 6.3}

- Атмосферные концентрации таких парниковых газов, как двуокись углерода (CO₂), метан (CH₄) и оксид азота (N₂O), увеличились с 1750 г. в результате деятельности человека. В 2011 г. концентрации этих парниковых газов составляли 391 ppm¹¹, 1803 ppb и 324 ppb и превышали доиндустриальные уровни приблизительно на 40, 150 и 20 % соответственно. {2.2, 5.2, 6.1, 6.2}
- В настоящее время концентрации CO₂, CH₄ и N₂O значительно превышают самые высокие концентрации, обнаруживаемые в кернах льда за последние 800 000 лет. Средние темпы повышения атмосферных концентраций за последнее столетие являются, с *весьма высокой степенью достоверности*, беспрецедентными за последние 22 000 лет. {5.2, 6.1, 6.2}

¹¹ ppm (частей на миллион) или ppb (частей на миллиард, 1 млрд = 1 000 млн) – это отношение числа молекул газа к общему числу молекул сухого воздуха. Например, 300 ppm означает 300 молекул газа на миллион молекул сухого воздуха.

- Годовые выбросы CO_2 , связанные с сжиганием ископаемого топлива и производством цемента, составляли в среднем 8,3 [7,6–9,0] ГтУ¹²·год⁻¹ в 2002–2011 гг. (*высокая степень достоверности*) и 9,5 [8,7–10,3] ГтУ·год⁻¹ в 2011 г., т. е. были на 54 % выше уровня 1990 г. Чистая годовая эмиссия CO_2 в результате изменений в антропогенном землепользовании составляла в среднем 0,9 [0,1–1,7] ГтУ·год⁻¹ в период 2002–2011 гг. (*средняя степень достоверности*). {6.3}
- С 1750 по 2011 гг. в результате сжигания ископаемого топлива и производства цемента в атмосферу высвободилось 375 [345–405] ГтУ, при этом выбросы, связанные с обезлесиванием и другими изменениями в землепользовании, оцениваются в 180 [100–260] ГтУ. Таким образом, совокупная антропогенная эмиссия составила 555 [470–640] ГтУ. {6.3}
- Из этой совокупной антропогенной эмиссии CO_2 240 [230–250] ГтУ накоплено в атмосфере, 155 [125–185] ГтУ поглощено океаном и 160 [70–250] ГтУ аккумулировано в природных экосистемах суши (т. е. совокупное остаточное поглощение почвой). {Рисунок ТР.4, 3.8, 6.3}
- Количественным показателем подкисления океана является снижение рН¹³. С начала индустриальной эры рН поверхностного слоя океана снизился на 0,1 (*высокая степень достоверности*), что соответствует повышению концентрации ионов водорода на 26 % (см. рисунок РП.4). {3.8, вставка 3.2}

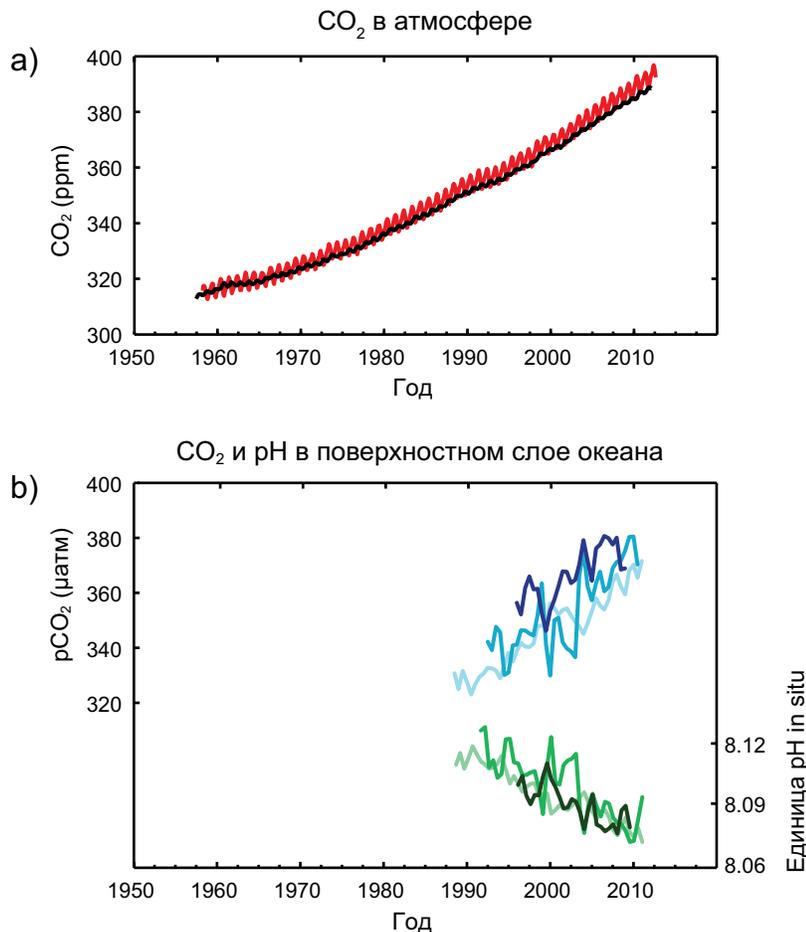


Рисунок РП.4. Многочисленные наблюдаемые показатели изменяющегося глобального углеродного цикла: а) атмосферная концентрация двуокси углерода (CO_2) по данным обсерватории «Мауна Лоа» ($19^\circ 32'$ с. ш., $155^\circ 34'$ з. д. – красный цвет) и на Южном полюсе ($89^\circ 59'$ с. ш., $24^\circ 48'$ з. д. – черный) с 1958 г.; б) парциальное давление растворенного CO_2 на поверхности океана (синие кривые) и рН по месту нахождения (зеленые кривые) – мера подкисления океанской воды. Данные измерений с трех станций в Атлантическом ($29^\circ 10'$ с. ш., $15^\circ 30'$ з. д. – темно-синий/темно-зеленый цвет; $31^\circ 40'$ с. ш., $64^\circ 10'$ з. д. – синий/зеленый) и Тихом ($22^\circ 45'$ с. ш., $158^\circ 00'$ з. д. – светло-синий/светло-зеленый) океанах. Полная информация о показанных здесь массивах данных приводится в лежащем в основе данного Резюме докладе и в дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунки 2.1 и 3.18; рисунок ТР.5}

¹² 1 гигатонна углерода = 1 ГтУ = 10^{15} граммов углерода. Это соответствует 3,667 Гт CO_2 .

¹³ рН является мерой кислотности по логарифмической шкале: снижение рН на одну единицу соответствует десятикратному повышению концентрации ионов водорода, или кислотности.

С. Факторы, влияющие на изменение климата

Факторами, влияющими на изменение климата, являются природные и антропогенные вещества и процессы, которые изменяют энергетический баланс Земли. Если не указано иное, радиационное воздействие¹⁴ (РВ) является количественным показателем изменения энергетических потоков, вызванного изменением этих факторов к 2011 г. по сравнению с 1750 г. Положительное значение РВ ведет к повышению температуры поверхности, а отрицательное – к ее понижению. РВ оценивается на основе данных наблюдений, осуществляемых на месте, и дистанционного зондирования, свойств парниковых газов и аэрозолей, а также расчетов с использованием численных моделей, описывающих наблюдаемые процессы. Некоторые выбрасываемые соединения влияют на концентрации других соединений в атмосфере. Информация по РВ может быть представлена на основе изменения концентрации каждого из веществ¹⁵. В качестве альтернативы могут сообщаться данные о РВ, основанном на совокупности эмиссий и лучше отражающем непосредственный эффект человеческой деятельности. Такое РВ включает вклад всех веществ, затронутых данными эмиссиями. При учете всех факторов эмиссий, общее антропогенное РВ в обоих подходах идентично. Хотя в настоящем Резюме для политиков используются оба подхода, особое внимание уделяется РВ на основе совокупности эмиссий.

Суммарное радиационное воздействие является положительным и привело к поглощению энергии климатической системой. Самый значительный вклад в суммарное радиационное воздействие вносит повышение концентрации CO₂ в атмосфере с 1750 г. (см. рисунок РП.5). {3.2, вставка 3.1, 8.3, 8.5}

- Отношение значения совокупного антропогенного РВ за 2011 г. к значению за 1750 г. составляет 2,29 [1,13–3,33] Вт·м⁻² (см. рисунок РП.5), и с 1970 г. оно росло более быстрыми темпами, чем в предыдущие десятилетия. Согласно наилучшей оценке совокупного антропогенного РВ за 2011 г., оно на 43 % выше показателя 2005 г., о котором сообщалось в ДО4. Это объясняется сочетанием продолжающегося роста концентраций большинства парниковых газов и более точными оценками РВ, вызываемого аэрозолями, которые показывают более слабый чистый охлаждающий эффект (отрицательное РВ). {8,5}
- Отношение значения РВ, связанного с выбросами идеально перемешанных парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O и галоидоуглеводороды), за 2011 г. к значению за 1750 г. равно 3,00 [2,22 к 3,78] Вт·м⁻² (см. рисунок РП.5). Показатель РВ в результате изменений концентраций этих газов равен 2,83 [2,26–3,40] Вт·м⁻². {8,5}
- Только от выбросов CO₂ РВ равно 1,68 [1,33–2,03] Вт·м⁻² (см. рисунок РП.5). С учетом эмиссии других углеродсодержащих газов, которые также способствовали повышению концентраций CO₂, РВ от CO₂ составляет 1,82 [1,46–2,18] Вт·м⁻². {8,3, 8,5}
- Только от выбросов CH₄ РВ равно 0,97 [0,74–1,20] Вт·м⁻² (см. рисунок РП.5). Это значительно больше, чем оценка, основанная на данных о концентрации и составляющая 0,48 [0,38–0,58] Вт·м⁻² (без изменения после ДО4). Это различие в оценках объясняется изменением концентрации озона и водяного пара в стратосфере, связанное с выбросами CH₄ и другими выбросами, косвенно влияющими на CH₄. {8,3,8,5}
- Выбросы галоидоуглеводородов, вызывающих истощение стратосферного озонового слоя, обусловили чистое положительное РВ в 0,18 [0,01-0,35] Вт·м⁻² (см. рисунок РП.5). Их собственное положительное РВ перевешивает отрицательное РВ вызываемого ими истощения озонового слоя. Положительное значение РВ от всех галоидоуглеводородов равно значению, приведенному в ДО4, при этом РВ от ХФУ уменьшается, но повышается от множества их заменителей. {8,3,8,5}
- В совокупное антропогенное РВ вносят свой вклад выбросы короткоживущих газов. Выбросы монооксида углерода (СО) практически определенно имеют положительное РВ, в то время как выбросы оксидов азота (NO_x) имеют, вероятно, чистое отрицательное РВ (см. рисунок РП.5). {8,3,8,5}

¹⁴ Степень влияния факторов количественно оценивается как радиационное воздействие (РВ) в ваттах на квадратный метр (Вт·м⁻²), как и в предыдущих оценках МГЭИК. РВ – это изменение энергетических потоков, вызванное каким-либо фактором, и рассчитывается в тропопаузе или в верхних слоях атмосферы. В традиционной концепции РВ, использовавшейся в предыдущих докладах МГЭИК, подразумевается, что все поверхностные и тропосферные условия неизменны. В настоящем докладе в расчетах РВ для идеально перемешанных парниковых газов и аэрозолей допускается, что физические переменные, кроме океанского и морского льда, могут быстро приспосабливаться к возмущениям. В докладе, лежащем в основе настоящего РП, итоговое РВ называется эффективным радиационным воздействием (ЭРВ). Такое изменение отражает научный прогресс, достигнутый со времени предыдущих оценок, и позволяет лучше отражать постепенный температурный отклик на действие этих факторов. Для всех факторов, кроме идеально перемешанных парниковых газов и аэрозолей, быстрое приспособление не столь характерно и считается незначительным, и в этой связи используется традиционное РВ. {8,1}

¹⁵ Этот подход использовался для представления информации о РВ в Резюме для политиков ДО4.

- РВ от суммарного аэрозольного эффекта в атмосфере, которое включает воздействие аэрозолей на облака, составляет $-0,9$ [от $-1,9$ до $-0,1$] $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ (*средняя степень достоверности*), и является результатом отрицательного воздействия большинства аэрозолей и положительного вклада поглощения солнечной радиации техническим углеродом. Существует *высокая степень достоверности* в отношении того, что аэрозоли и их взаимодействие с облаками нивелируют значительную часть глобального среднего воздействия идеально перемешанных парниковых газов. Они продолжают вносить самую большую неопределенность в оценку совокупного РВ. {7.5, 8.3,8.5}
- Воздействие стратосферных вулканических аэрозолей может в значительной мере влиять на климат в течение ряда лет после извержений вулканов. От нескольких небольших извержений РВ в период 2008–2011 гг. составило $-0,11$ [от $-0,15$ до $-0,08$] $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, что приблизительно в два раза больше, чем в 1999–2002 гг. {8.4}
- РВ от изменений в потоке солнечного излучения оценивается в $0,05$ [0,00-0,10] $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ (см. рисунок РП.5). Данные спутниковых наблюдений за изменениями суммарного солнечного излучения с 1978 по 2011 гг. показывают, что последний минимум был ниже двух предыдущих. Результатом этого является РВ в $-0,04$ [от $-0,08$ до $0,00$] $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ за период между последним минимумом в 2008 г. и минимумом в 1986 г. {8.4}
- Совокупное естественное РВ, связанное с изменениями в потоке солнечного излучения и стратосферных вулканических аэрозолей, внесло лишь незначительный вклад в чистое радиационное воздействие за последнее столетие, за исключением коротких периодов после крупных извержений вулканов. {8.5}

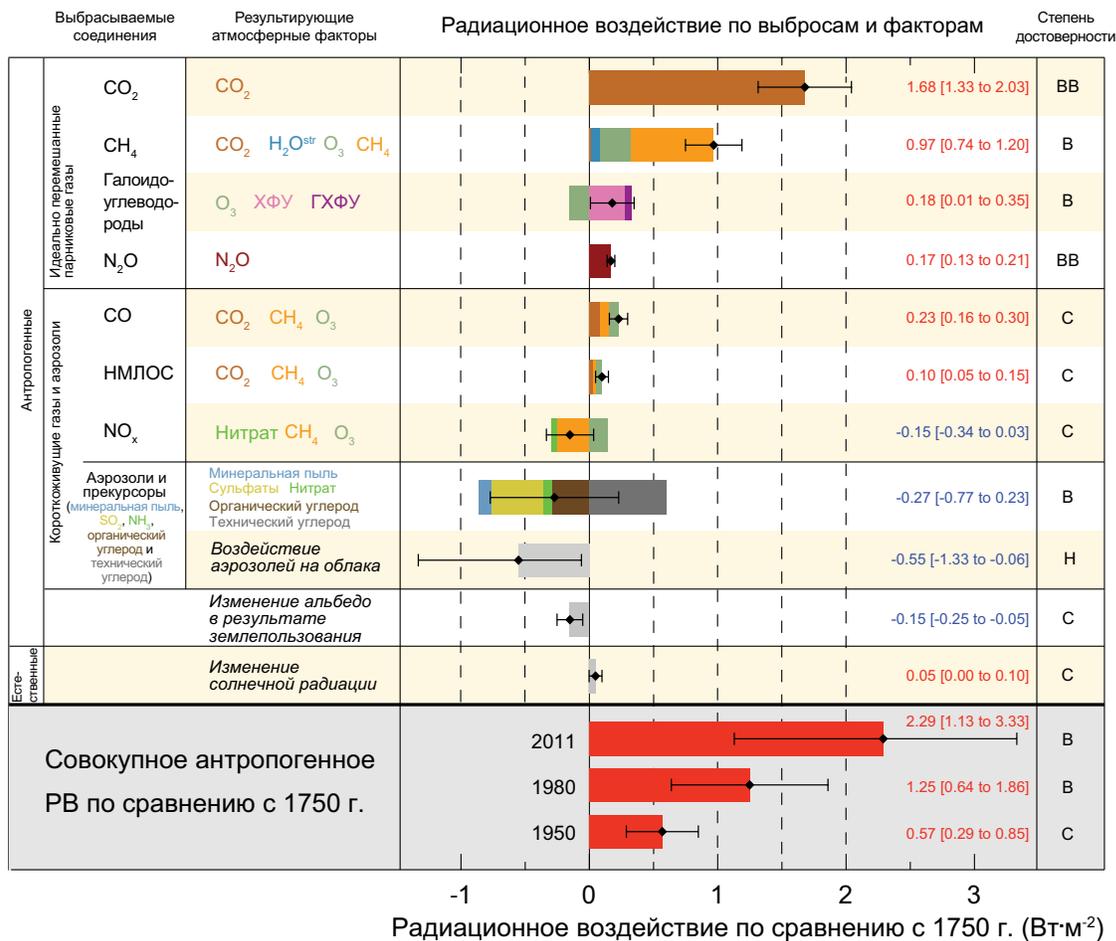


Рисунок РП.5. Оценки радиационного воздействия в 2011 г. по сравнению с 1750 г. и агрегированные неопределенности основных факторов изменения климата. Значения показывают глобальное среднее радиационное воздействие (РВ¹⁴) в разбивке по выбрасываемым соединениям или процессам, что дает комбинацию факторов. Наилучшие оценки чистого радиационного воздействия показаны черными ромбами с соответствующими интервалами неопределенности; численные значения приводятся в правой части рисунка, наряду со степенью достоверности чистого воздействия (BB – *весьма высокая*, B – *высокая*, C – *средняя*, H – *низкая*, BH – *весьма низкая*). Воздействие, обусловленное снижением альbedo из-за технического углерода на снегу и льду, включен в «полоску» аэрозолей и технического углерода. Незначительные воздействия от конденсационного следа ($0,05 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$, включая порожденные им перистые облака), а также ФУ, ПФУ и SF₆ (в общей сложности $0,03 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) не показаны. РВ по газам с учетом их концентраций могут быть получены путем суммирования параметров «полосок» одного цвета. Вулканическое воздействие не учитывается, поскольку его эпизодический характер затрудняет сравнение с другими механизмами воздействия. Значения совокупного антропогенного радиационного воздействия предоставляются за три разных года в сопоставлении с 1750 г. Более подробная техническая информация, включая диапазоны неопределенности по отдельным компонентам и процессам, приведена в дополнительном материале к Техническому резюме. {8.5; рисунки 8.14-8.18; рисунки ТР.6 и ТР.7}

D. Понимание климатической системы и ее недавних изменений

Понимание недавних изменений климатической системы основывается на сочетании наблюдений, изучения обратных связей и моделировании. Оценка способности климатических моделей воспроизводить недавние изменения требует учета состояния всех компонентов моделируемой климатической системы в начале моделирования, а также естественных и антропогенных воздействий, используемых в расчетах. Более подробные и продолжительные, по сравнению с ДО4, наблюдения и усовершенствованные климатические модели позволяют в настоящее время обнаруживать антропогенное влияние в наблюдаемых изменениях в большем числе компонентов климатической системы.

Влияние человека на климатическую систему очевидно. О нем свидетельствуют увеличение концентраций парниковых газов в атмосфере, положительное радиационное воздействие, наблюдаемое потепление и общее понимание климатической системы. {2–14}

D.1 Оценка климатических моделей

За время, прошедшее после ДО4, климатические модели были усовершенствованы. Модели в масштабах континентов воспроизводят наблюдаемые в течение многих десятилетий тренды и структуры изменений приземной температуры, в том числе более быстрое потепление, отмечаемое с середины XX-го века, и похолодание, немедленно следующее за крупными извержениями вулканов (*весьма высокая степень достоверности*). {9.4, 9.6, 9.8}

- Долгосрочные расчеты по климатическим моделям показывают тренд средней глобальной приземной температуры с 1951 по 2012 гг., совпадающий с данными наблюдений (*весьма высокая степень достоверности*). Имеются, однако, различия между модельными и наблюдаемыми трендами за короткие периоды от 10 до 15 лет (например, 1998–2012 гг.). {9.4, вставка 9.2}
- Наблюдаемое в 1998–2012 гг. ослабление тренда повышения приземной температуры по сравнению с периодом 1951–2012 гг. приблизительно в равной мере обусловлено ослаблением тренда радиационного воздействия и охлаждением в силу естественной внутренней изменчивости, включая возможное перераспределение тепла в океане (*средняя степень достоверности*). Ослабление тренда радиационного воздействия объясняется в первую очередь извержениями вулканов и нисходящей фазой 11-летнего солнечного цикла. В то же время существует *низкая степень достоверности* количественной оценки роли, которую играют изменения радиационного воздействия в ослаблении тренда потепления. Со *средней степенью достоверности* естественная внутренняя десятилетняя изменчивость в значительной мере приводит к различиям, отмечаемым между данными наблюдений и модельными расчетами, которые не предназначены для воспроизведения временных характеристик внутренней изменчивости. Помимо этого, свой вклад могут вносить несоответствия во внешних воздействиях, а в некоторых моделях – переоценка реакции на рост концентрации парниковых газов и другие антропогенные воздействия (при доминирующем влиянии аэрозолей). {9.4, вставка 9.2, 10.3, вставка 10.2, 11.3}
- Уверенность в способности моделей воспроизводить приземную температуру на региональном уровне ниже, чем в более крупных масштабах. Однако существует *высокая степень доверенности* в отношении того, что результаты моделирования региональной приземной температуры сейчас лучше, чем во время публикации ДО4. {9.4, 9.6}
- Со времени выпуска ДО4 был достигнут существенный прогресс в оценке экстремальных метеорологических и климатических явлений. Как правило, данные наблюдений совпадают с результатами моделирования средних глобальных трендов повторяемости экстремально теплых и экстремально холодных дней и ночей во второй половине XX-го века. {9.5}
- За период после ДО4 несколько улучшилось моделирование осадков в континентальном масштабе. На региональном уровне моделирование осадков не является столь же успешным, а их оценка затрудняется неопределенностями в данных наблюдений. {9.4, 9.6}
- В настоящее время модели более точно воспроизводят ряд важных климатических явлений. Существует *высокая степень достоверности* в отношении того, что после ДО4 повысилось качество статистики по муссонам и явлению Эль-Ниньо/Южное Колебание (ЭНСО), основанных на многомодельных расчетах. {9.5}

- Климатические модели включают сейчас больше процессов, связанных с облаками и аэрозолями, а также с их взаимодействием по сравнению со временем подготовки ДО4, однако *достоверность* представления и количественных характеристик этих процессов в моделях остается *низкой*. {7.3, 7.6, 9.4, 9.7}
- Имеются надежные свидетельства того, что сейчас большее количество моделей воспроизводят нисходящий тренд площади летнего морского льда в Арктике с 1979 г., чем во время ДО4, при этом около четверти моделей показывают столь же значительный или более выраженный тренд, что и в данных наблюдений. Большинство моделей показывают небольшой нисходящий тренд площади антарктического морского льда, хотя и при значительном межмодельном разбросе, что контрастирует с незначительным восходящим трендом, демонстрируемым данными наблюдений. {9.4}
- Многие модели воспроизводят данные наблюдений об изменении теплосодержания верхних слоев океана (0–700 м) с 1961 по 2005 гг. (*высокая степень достоверности*), причем на протяжении большей части этого периода средние по ансамблю моделей оценки попадают в диапазон оценок, основанных на наблюдениях. {9.4}
- Климатические модели, которые включают углеродный цикл (модели системы Земля), воспроизводят глобальную структуру потоков CO₂ между океаном и атмосферой, при этом выделение газа происходит в тропиках, а поглощение – в средних и высоких широтах. В большинстве этих моделей масштабы воспроизводимых глобальных поглотителей углерода на суше и в океане за последнюю часть XX-го века находятся в диапазоне оценок, основанных на данных наблюдений. {9.4}

D.2 Количественная оценка реакции климатической системы

Основанное на данных наблюдений и результатах моделирования изучение изменений температуры, обратных связей в климатической системе и изменений энергетического баланса Земли в своей совокупности дают уверенность в отношении масштабов глобального потепления, которое является реакцией на прошлые и будущие воздействия. {Вставка 12.2, вставка 13.1}

- Общее обратное воздействие от суммарного эффекта, производимого изменениями водяного пара и различиями между атмосферным и приповерхностным потеплением, *чрезвычайно вероятно*, является положительным и поэтому усугубляет изменение климата. Общий радиационный отклик, обусловленный всеми типами облаков, является, *вероятно*, положительным. Неопределенность в отношении знака и величины облачных обратных связей объясняется главным образом остающимися неопределенностями, касающимися воздействия потепления на нижние облака. {7.2}
- Равновесная чувствительность климата количественно характеризует реакцию климатической системы на постоянное радиационное воздействие на протяжении многих столетий. Она определяется как изменение средней глобальной приземной температуры в состоянии равновесия, вызываемое удвоением концентрации CO₂ в атмосфере. Равновесная чувствительность климата находится, *вероятно*, в диапазоне 1,5–4,5 °C (*высокая степень достоверности*), *крайне маловероятно*, что она менее 1 °C (*высокая степень достоверности*), и *очень маловероятно*, что она более 6 °C (*средняя степень достоверности*)¹⁶. Таким образом, в ДО4 нижняя граница *оцениваемого* вероятного диапазона температур ниже, чем 2 °C, однако верхняя граница является такой же. Эта оценка получена благодаря более четкому пониманию, более продолжительным наблюдениям за температурой атмосферы и океана, а также новым оценкам радиационного воздействия. {TFE.6 TP, рисунок 1; вставка 12.2}
- Скорость и масштабы глобального изменения климата обуславливаются радиационным воздействием, климатическими обратными связями и накоплением энергии климатической системой. Количественные оценки этих факторов за последние десятилетия соответствуют оценкам *вероятного* диапазона равновесной чувствительности климата с учетом оценок неопределенностей, что является веским подтверждением нашего понимания процесса антропогенного изменения климата. {Вставка 12.2, вставка 13.1}
- Переходная реакция климата дает количественную характеристику реакции климатической системы на усиление радиационного воздействия во временном диапазоне от десяти до ста лет. Она определяется как изменение средней глобальной приземной температуры на момент удвоения концентрации CO₂ в атмосфере в сценарии, предусматривающем повышение концентрации на 1 % в год. Переходная реакция климата находится, *вероятно*, в диапазоне 1,0–2,5 °C (*высокая степень достоверности*) и *крайне маловероятно* более 3 °C. {Вставка 12.2}

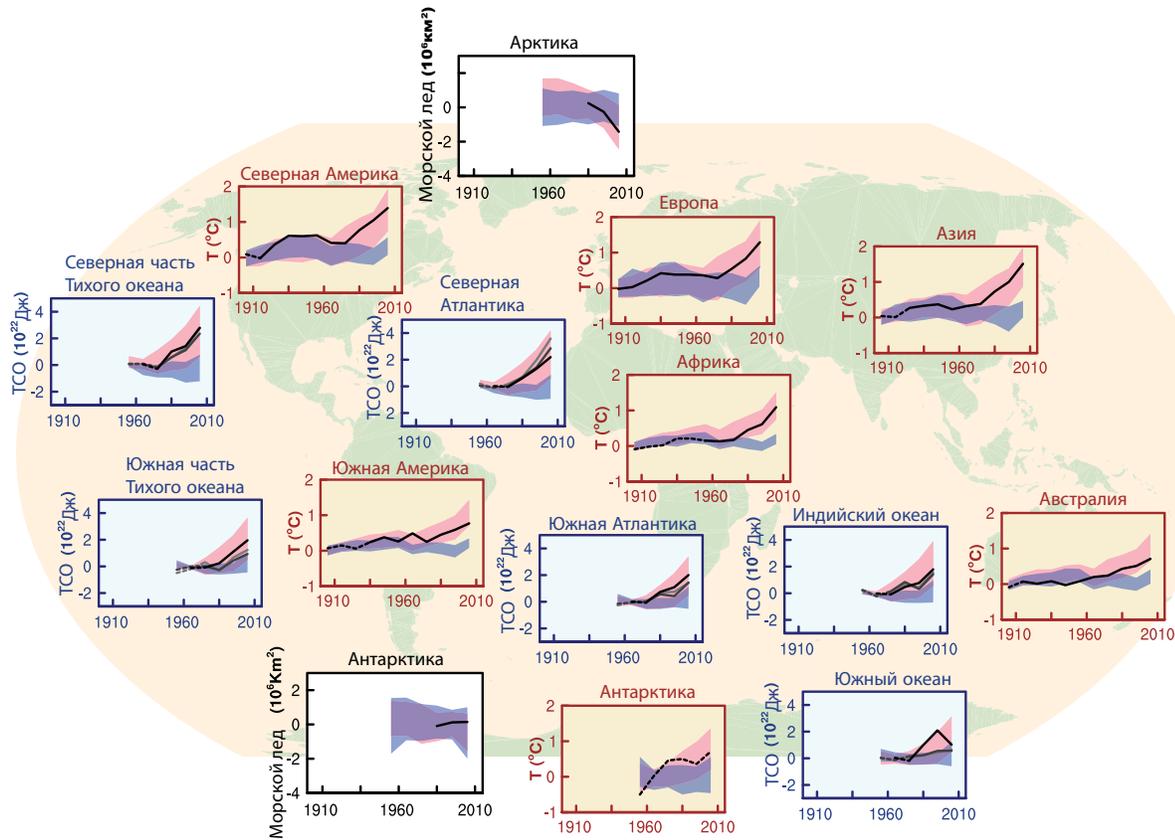
¹⁶ В настоящее время невозможна наилучшая оценка равновесной чувствительности климата из-за отсутствия согласия в отношении оцениваемых фактических данных и данных исследований.

- Близкая количественная характеристика – переходная реакция климата на совокупные выбросы углерода (ПРКВ). Она представляет в количественном виде переходную реакцию климатической системы на суммарные выбросы углерода (см. раздел Е.8). ПРКВ определяется как изменение средней глобальной приземной температуры на 1 000 ГтУ, выброшенных в атмосферу. ПРКВ находится, *вероятно*, в диапазоне 0,8–2,5 °С на 1 000 ГтУ и применима к совокупным выбросам до примерно 2 000 ГтУ, пока не будет достигнут пик температур (см. рисунок РП.10). {12.5, вставка 12.2}
- Для сравнения вкладов выбросов различных веществ в изменение климата могут использоваться различные метрики. Наиболее подходящие метрики и временной интервал будут зависеть от того, какие аспекты изменения климата являются наиболее важными для конкретных целей. Не существует единой системы показателей для точного сравнения всех последствий различных выбросов, все метрики имеют ограничения и неопределенности. Потенциал глобального потепления основывается на совокупном радиационном воздействии за конкретный временной интервал, а потенциал изменения глобальной температуры – на изменении средней глобальной приземной температуры в выбранный момент времени. Уточненные значения приведены в данном докладе. {8.7}

D.3 Обнаружение и объяснение причин изменения климата

Было установлено влияние человека на повышение температур атмосферы и океана, изменение глобального гидрологического цикла, уменьшение количества снега и льда, повышение глобального среднего уровня моря и на некоторые экстремальные климатические явления (см. рисунок РП.6 и таблицу РП.1). Свидетельства влияния человека стали еще более весомыми за время, прошедшее после ДО4. *Чрезвычайно вероятно*, что влияние человека было основной причиной потепления, наблюдаемого с середины XX-го века. {10.3–10.6, 10.9}

- *Чрезвычайно вероятно*, что более половины наблюдаемого повышения средней глобальной приземной температуры в 1951–2010 гг. обусловлено увеличением концентраций парниковых газов и другими антропогенными воздействиями. Наилучшая оценка человеческого вклада в потепление близка к наблюдаемому в этот период потеплению. {10.3}
- Вклад парниковых газов в повышение средней глобальной приземной температуры в 1951–2010 гг., *вероятно*, находится в диапазоне 0,5–1,3 °С, при этом вклад прочих антропогенных факторов, включая охлаждающий эффект аэрозольей, *вероятно*, попадает в диапазон от -0,6 до 0,1 °С. Вклад естественных факторов, *вероятно*, составляет от -0,1 до 0,1 °С, и на долю внутренней изменчивости, *вероятно*, приходится от -0,1 до 0,1 °С. В своей совокупности эти оценки роли каждого фактора соответствуют наблюдаемому потеплению за этот период, т. е. приблизительно 0,6–0,7 °С. {10.3}
- В каждом континентальном регионе, за исключением Антарктики, антропогенные воздействия внесли, *вероятно*, существенный вклад в повышение приземных температур с середины XX-го века (см. рисунок РП.6). В отношении Антарктики значительные неопределенности, связанные с данными наблюдений, приводят к *низкой степени достоверности* того, что антропогенные воздействия внесли вклад в наблюдаемое потепление, показатели которого были усреднены по имеющимся станциям. *Вероятно*, что с середины XX-го века деятельность человека способствовала весьма значительному потеплению в Арктике. {2.4, 10.3}
- *Весьма вероятно*, что антропогенное влияние, особенно парниковые газы и истощение стратосферного озона, привело к наблюдаемой структуре потепления в тропосфере и соответствующего похолодания в нижних слоях стратосферы с 1961 г. {2.4, 9.4, 10.3}
- *Весьма вероятно*, что антропогенные воздействия внесли существенный вклад в повышение теплосодержания верхнего слоя Мирового океана (0–700 м), наблюдаемое с 1970-х годов (см. рисунок РП.6). Имеются доказательства антропогенного влияния в отдельных океанических бассейнах. {3.2, 10.4}
- *Вероятно*, что с 1960 г. антропогенное воздействие оказало влияние на глобальный гидрологический цикл. Антропогенное воздействие внесло свой вклад в наблюдаемое повышение содержания влаги в атмосфере (*средняя степень достоверности*), глобальное изменение режима осадков над сушей (*средняя степень достоверности*), увеличение интенсивности сильных осадков над районами суши, по которым имеется достаточно данных (*средняя степень достоверности*), а также изменение солёности поверхностного и подповерхностного слоев океана (*весьма вероятно*). {2.5, 2.6, 3.3, 7.6, 10.3, 10.4}



Глобальные средние величины

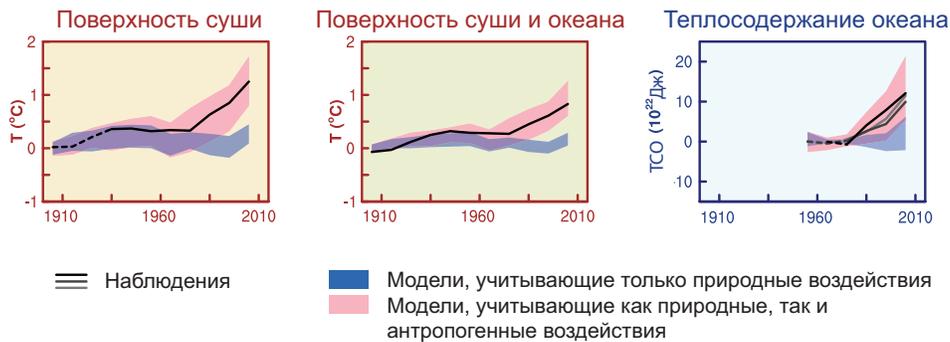


Рисунок РП.6. Сопоставление наблюдаемых климатических изменений и результатов моделирования по трем крупным показателям в атмосфере, криосфере и океане: изменения температуры приземного воздуха на континентах (желтые прямоугольники), площади морского льда Арктики и Антарктики в сентябре (белые прямоугольники) и теплосодержания верхнего слоя океана в основных океанских бассейнах (голубые прямоугольники). Приводятся также средние глобальные значения изменений. Аномалии показаны по сравнению с 1880–1919 гг. по приземным температурам, с 1960–1980 гг. по теплосодержанию океана и с 1979–1999 гг. по морскому льду. Все временные ряды являются центрированными десятилетними средними. На рисунках температурных рядов данные наблюдений показаны пунктиром, если доля площади региона, охваченная наблюдениями, менее 50 %. В прямоугольниках, относящихся к теплосодержанию океана и морскому льду, сплошной линией показаны более качественные данные с хорошим охватом, а пунктиром – данные с лишь адекватным охватом и поэтому большей неопределенностью. Показанные результаты моделирования представляют собой диапазоны разброса по мультимодельному ансамблю результатов расчетов, выполненных в рамках 5-й фазы Проекта сравнения совместных моделей (ПССМ5), где затененные зоны отражают уровень достоверности от 5 до 95 %. Дополнительную техническую информацию, включая определения регионов, см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунок 10.21; рисунок TP.12}

- Еще более убедительными стали данные, свидетельствующие об антропогенном влиянии на экстремальные температурные явления, за время, прошедшее после СДЭБ. Сейчас *весьма вероятно*, что влияние деятельности человека внесло вклад в наблюдаемые с середины XX-го века глобальные изменения повторяемости и интенсивности суточных экстремальных температурных явлений, и *вероятно*, что влияние деятельности человека более чем удвоило вероятность возникновения волн тепла в некоторых регионах (см. таблице РП.1). {10.6}
- Антропогенные воздействия, *весьма вероятно*, внесли вклад в уменьшение площади морского льда в Арктике с 1979 г. *Степень достоверности* научного понимания наблюдаемого небольшого увеличения площади морского льда в Антарктике *низка*, что обусловлено неполными и конкурирующими научными объяснениями причин изменений и *низкой степенью достоверности* оценок естественной внутренней изменчивости в этом регионе (см. рисунок РП.6). {10.5}
- Антропогенные воздействия, *вероятно*, внесли вклад в отступление ледников с 1960-х годов, а также в увеличение потери поверхностной массы Гренландского ледникового покрова с 1993 г. Из-за низкого уровня научного понимания *степень достоверности* объяснения причин наблюдаемой потери массы Антарктического ледникового покрова за последние два десятилетия *низка*. {4.3, 10.5}
- *Вероятно*, имело место антропогенное влияние на наблюдаемое с 1970 г. сокращение весеннего снежного покрова в Северной полушарии. {10.5}
- *Весьма вероятно*, что антропогенные воздействия внесли значительный вклад в повышение глобального среднего уровня моря с 1970-х годов. Этот вывод основан на *высокой степени достоверности* роли антропогенного влияния на два основных фактора повышения уровня моря, а именно: тепловое расширение и потеря массы ледников. {10.4, 10.5, 13.3}
- Существует *высокая степень достоверности* в отношении того, что изменение суммарной солнечной радиации не оказало влияния на повышение средней глобальной приземной температуры в период 1986–2008 гг., исходя из прямых спутниковых измерений суммарной солнечной радиации. Со *средней степенью достоверности* 11-летний цикл солнечной активности оказал влияние на 10-летние климатические колебания в некоторых регионах. Не было выявлено никакой явной взаимосвязи между изменениями космических лучей и облачным покровом. {7.4, 10.3, вставка 10.2}

Е. Будущее глобальное и региональное изменение климата

Для прогнозирования изменений климатической системы используются климатические модели разных уровней сложности, от простых климатических моделей до моделей промежуточной сложности, полных климатических моделей и моделей системы Земля. Эти модели рассчитывают изменения на основе набора сценариев антропогенных воздействий. Для новых климатических расчетов, выполненных в рамках 5-й фазы Проекта сравнения совместных моделей (ПССМ5) Всемирной программы исследований климата, использовался новый набор сценариев, а именно Репрезентативные траектории концентраций (РТК). Во всех РТК концентрации CO_2 в атмосфере выше в 2100 г. по сравнению с сегодняшним днем из-за продолжающегося в XXI-м веке увеличения совокупной эмиссии CO_2 в атмосферу (см. вставку РП.1). Проекция в настоящем Резюме для политиков приводятся на конец XXI-го века (2081–2100 гг.) и сравниваются с периодом 1986–2005 гг., если не указано иное. Для размещения этих проекций в исторический контекст необходимо рассмотреть наблюдаемые изменения между разными периодами. На основе имеющегося набора данных за самый продолжительный период наблюдений за глобальной приземной температурой изменение между средним значением за период 1850–1900 гг. и базовым периодом Д05 составляет 0,61 [0,55-0,67] °C. Однако произошедшее потепление превзошло среднее значение за базовый период Д05. В этой связи указанная оценка не является оценкой величины исторического потепления к настоящему времени (см. главу 2).

Продолжающаяся эмиссия парниковых газов будет являться причиной дальнейшего потепления и изменений во всех компонентах климатической системы. Ограничение климатических изменений потребует значительного и непрерывного снижения выбросов парниковых газов. {6, 11–14}

- Проекция на следующие несколько десятилетий демонстрирует пространственную картину изменений климата, аналогичную прогнозу на конец XXI-го века, но с более низкими значениями. Естественная внутренняя изменчивость будет по-прежнему являться главным фактором, оказывающим влияние на климат, особенно в краткосрочной

перспективе и в региональном масштабе. К середине XXI-го века значения проецируемых изменений будут в большей степени зависеть от выбора сценария эмиссии (вставка РП.1). {11.3, вставка 11.1, приложение I}

- Прогнозируемое изменение климата, основанное на сценариях РТК, сходно с прогнозом ДО4 как по характеру, так и величине, с учетом различий между сценариями. Суммарный диапазон отклонений между проекциями с высокими РТК уже, чем между сравнимыми сценариями в ДО4, поскольку, в отличие от сценариев выбросов СДЭБ, используемых в ДО4, РТК в ДО5 определяются как траектории концентраций, и поэтому неопределенности углеродного цикла, оказывающие влияние на концентрацию CO₂ в атмосфере, не учитываются в моделировании в рамках ПССМ5, основанном на концентрациях. Прогнозы повышения уровня моря выше, чем в ДО4, главным образом благодаря усовершенствованному моделированию вклада материкового льда. {11.3, 12.3, 12.4, 13.4, 13.5}

Е.1 Атмосфера: Температура

Изменение глобальной приземной температуры в конце XXI-го века, вероятно, превысит 1,5 °C по сравнению с периодом 1850-1900 гг. во всех сценариях РТК, кроме РТК2.6. Оно превысит, вероятно, 2 °C в сценариях РТК6.0 и РТК8.5 и, скорее вероятно, чем нет, превысит 2 °C в сценарии РТК4.5. Потепление продолжится после 2100 г. согласно всем сценариям РТК, кроме РТК2.6. Потепление будет продолжать демонстрировать изменчивость на интервалах от года до десятилетия и в региональном масштабе не будет однородным (см. рисунки РП.7 и РП.8). {11.3, 12.3, 12.4, 14.8}

- Изменение средней глобальной приземной температуры за период 2016–2035 гг. по сравнению с 1986–2005 гг. будет, вероятно, в диапазоне 0,3–0,7 °C (*средняя степень достоверности*). Эта оценка основывается на многочисленных данных и предполагает отсутствие крупных извержений вулканов или долговременных изменений суммарной солнечной радиации. Ожидается, что по сравнению с естественной внутренней изменчивостью повышение в краткосрочной перспективе среднесезонных и среднегодовых значений температур будет более значительным в тропиках и субтропиках, чем в средних широтах (*высокая степень достоверности*). {11.3}
- Повышение средних глобальных приземных температур в 2081–2100 гг. по сравнению с периодом 1986–2005 гг. прогнозируется в границах *вероятных* диапазонов, полученных по сценарным расчетам по моделям ПССМ5, основанным на данных о концентрациях, т. е. 0,3–1,7 °C (РТК2.6), 1,1–2,6 °C (РТК4.5), 1,4–3,1 °C (РТК6.0), 2,6–4,8 °C (РТК8.5). Потепление в Арктическом регионе будет происходить более быстрыми темпами, чем в среднем на планете, а над сушей оно будет более значительным, чем над океанами (*весьма высокая степень достоверности*) (см. рисунки РП.7 и РП.8 и таблицу РП.2). {12.4, 14.8}
- По сравнению со средними значениями за 1850–1900 гг. изменение глобальной приземной температуры к концу XXI-го века превысит, вероятно, согласно прогнозам, 1,5 °C по сценариям РТК4.5, РТК6.0 и РТК8.5 (*высокая степень достоверности*); потепление превысит, вероятно, 2 °C по сценарию РТК6.0 и РТК8.5 (*высокая степень достоверности*); более вероятно, чем нет, превысит 2 °C по сценарию РТК4.5 (*высокая степень достоверности*); но маловероятно, что оно превысит 2 °C по сценарию РТК2.6 (*средняя степень достоверности*). Маловероятно, что потепление превысит 4 °C по сценариям РТК2.6, РТК4.5 и РТК6.0 (*высокая степень достоверности*), и относительно вероятно превысит 4 °C по сценарию РТК8.5 (*средняя степень достоверности*). {12.4}
- *Практически определено*, что по мере повышения средних глобальных температур над большей частью поверхности суши в суточном и сезонном временных масштабах будут более часто наблюдаться экстремально высокие и реже — экстремально низкие температуры. *Весьма вероятно*, что волны тепла будут наступать более часто и будут более продолжительными. По-прежнему в зимнее время порой будут отмечаться экстремально низкие температуры (см. таблицу РП. 1) {12.4}

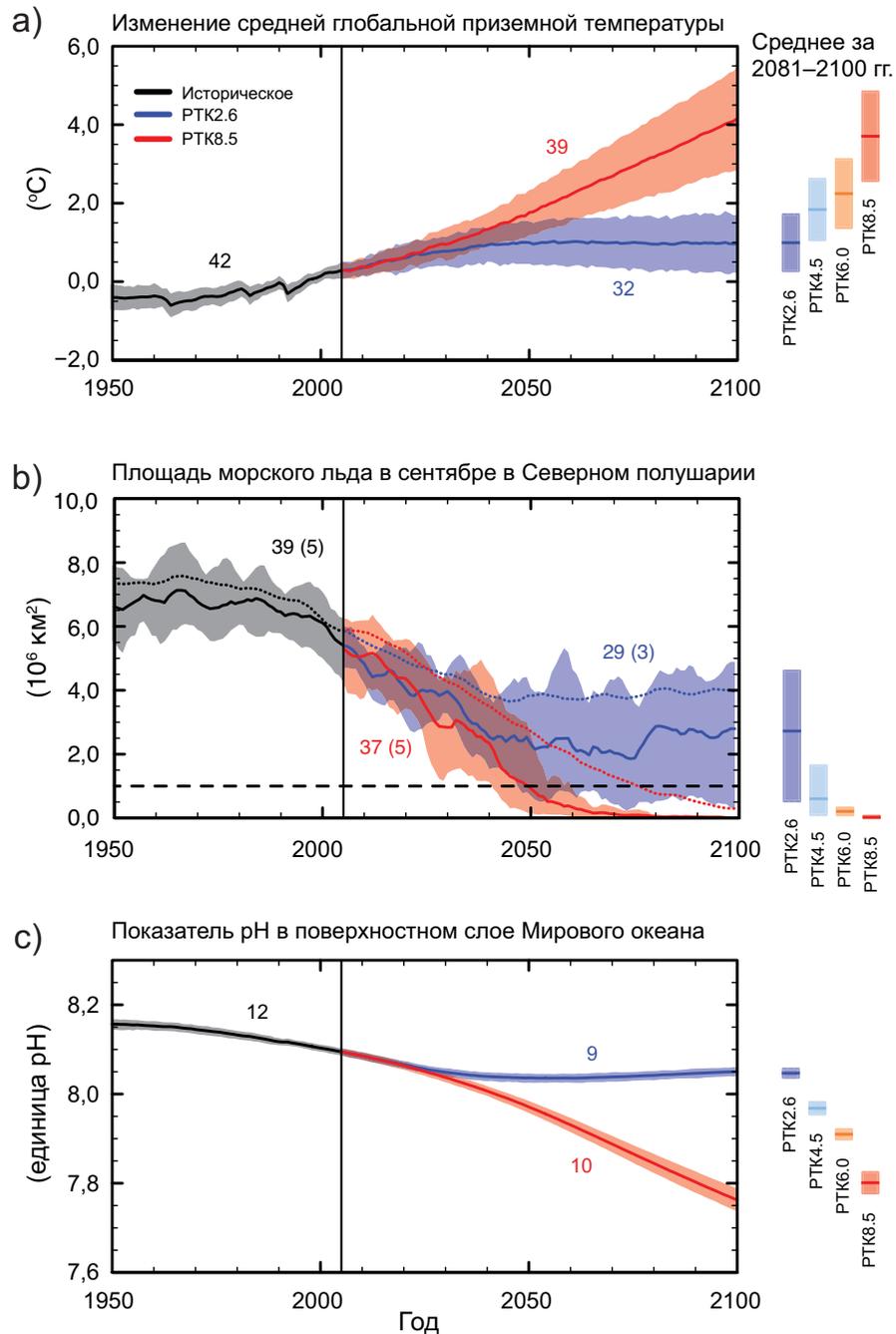


Рисунок РП.7. Результаты расчетов по моделям ПССМ5 временных рядов с 1950 по 2100 гг. (а) изменений среднегодовой глобальной приземной температуры по сравнению с 1986–2005 гг., (б) площади морского льда в сентябре в Северном полушарии (5-летнее скользящее среднее) и (с) средней глобальной величины рН на поверхности океана. Временные ряды проекций и мера неопределенности (затенение) показаны для сценариев РТК2.6 (синий цвет) и РТК8.5 (красный цвет). Черным (серое затенение) показаны результаты моделирования исторической эволюции с использованием реконструированных данных по внешним воздействиям. Средние значения за 2081–2100 гг. и соответствующие неопределенности показаны для всех сценариев РТК в виде цветных вертикальных столбиков. Указано количество моделей ПССМ5, использованных для расчета средних значений по мультимодельному ансамблю. Для площади морского льда (б) указаны прогнозируемое среднее значение и неопределенность (диапазон минимальных и максимальных значений) подгруппы моделей, которые наиболее точно воспроизводят среднее климатологическое состояние, а также тренд площади морского льда в Арктике в период 1979–2012 гг. (количество моделей приводится в скобках). Для полноты картины среднее значение по всему ансамблю моделей ПССМ5 также показано точечным пунктиром. Обычный пунктир показывает практическое отсутствие льдов (т. е. площадь морского льда менее 10^6 км² в течение по меньшей мере пяти лет подряд). Дополнительную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме {рисунки 6.28, 12.5 и 12.28–12.31; рисунки ТР.15, ТР.17 и ТР.20}

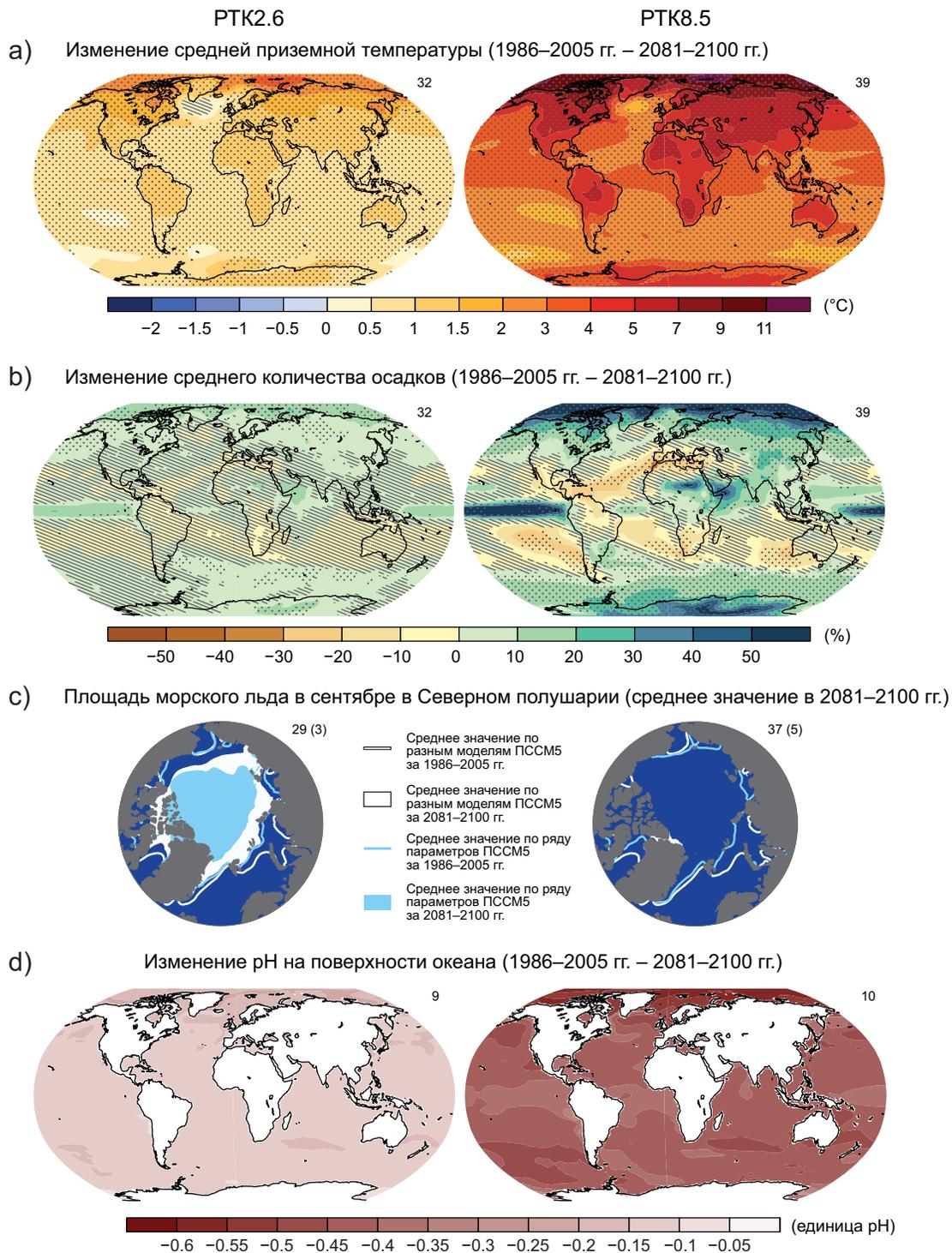


Рисунок РП.8. Карты средних значений, полученных по моделям ПССМ5 в рамках сценариев РТК2.6 и РТК8.5 для 2081–2100 гг., (а) среднегодового изменения приземной температуры; (б) среднего процента изменений среднегодового количества осадков; (с) площади морского льда в сентябре в Северном полушарии и (д) изменения pH на поверхности океана. Изменения в частях «а», «б» и «д» показаны по сравнению с 1986–2005 гг. Количество моделей ПССМ5, использованных для расчета среднего по модельному ансамблю значения, указано в верхнем правом углу каждой части. В частях «а» и «б» штриховкой показаны регионы, для которых среднее модельное значение мало по сравнению с естественной внутренней изменчивостью (т. е. менее одного стандартного отклонения естественной внутренней изменчивости 20-летних средних). Точечной штриховкой обозначены регионы, в которых среднее модельное значение велико по сравнению с естественной внутренней изменчивостью (т. е. более двух стандартных отклонений естественной внутренней изменчивости 20-летних средних) и по которым среди 90 % моделей есть согласие в отношении знака изменений (см. вставку 12.1). В части «с» линии представляют полученные по моделям средние значения за 1986–2005 гг.; закрашенные области относятся к концу столетия. Среднее значение по ансамблю моделей ПССМ5 показано белым цветом, а голубым цветом показана прогнозируемая средняя площадь морского льда по подгруппе моделей (количество модельей приводится в скобках), наиболее точно воспроизводящих среднее климатическое состояние и тренд площади морского льда в Арктике в 1979–2012 гг. Дополнительную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунки 6.28, 12.11, 12.22 и 12.29; рисунки ТР.15, ТР.16, ТР.17 и ТР.20}

E.2 Атмосфера: Гидрологический цикл

Изменения в глобальном гидрологическом цикле, которые будут происходить в XXI-м веке как реакция на потепление, не будут однородными. Различия в количестве осадков, выпадающих во влажных и засушливых регионах, а также в течение влажного и сухого сезонов, будут увеличиваться, хотя могут быть исключения в ряде регионов (см. рисунок РП.8). {12.4, 14.3}

- Прогнозы изменений в гидрологическом цикле в течение последующих нескольких десятилетий показывают те же тенденции, что и на конец столетия, но в меньших масштабах. Изменения в краткосрочной перспективе и в региональных масштабах в большой степени объясняются естественной внутренней изменчивостью, и на них могут оказать влияние антропогенные выбросы аэрозолей. {11.3}
- Согласно сценарию РТК8.5 к концу этого столетия в высоких широтах и экваториальной зоне Тихого океана, *вероятно*, ожидается увеличение среднегодового количества осадков. Во многих засушливых регионах в средних широтах и в субтропиках среднее количество осадков, *вероятно*, уменьшится, в то время как во многих влажных регионах в средних широтах к концу этого столетия оно, *вероятно*, возрастет по сценарию РТК8.5 (см. рисунок РП.8). {7.6, 12.4, 14.3}
- По мере повышения средней глобальной приземной температуры интенсивность и повторяемость выпадения экстремальных осадков над большей частью суши в средних широтах и над влажными тропическими регионами к концу этого века, *весьма вероятно*, увеличится (см. таблицу РП.1). {7.6, 12.4}

Таблица РП.2. Прогнозируемое изменение средней глобальной приземной температуры воздуха и повышение среднего глобального уровня моря в середине-конце XXI-го века по сравнению с базовым периодом 1986–2005 гг. {12.4; таблица 12.2, таблица 13.5}

		2046–2065 гг.		2081–2100 гг.	
Сценарий		Среднее	Вероятный диапазон ^с	Среднее	Вероятный диапазон ^с
Изменение средней глобальной приземной температуры (°C)^а	РТК2.6	1,0	0,4–1,6	1,0	0,3–1,7
	РТК4.5	1,4	0,9–2,0	1,8	1,1–2,6
	РТК6.0	1,3	0,8–1,8	2,2	1,4–3,1
	РТК8.5	2,0	1,4–2,6	3,7	2,6–4,8
Сценарий		Среднее	Вероятный диапазон ^д	Среднее	Вероятный диапазон ^д
Повышение среднего глобального уровня моря (м)^б	РТК2.6	0,24	0,17–0,32	0,40	0,26–0,55
	РТК4.5	0,26	0,19–0,33	0,47	0,32–0,63
	РТК6.0	0,25	0,18–0,32	0,48	0,33–0,63
	РТК8.5	0,30	0,22–0,38	0,63	0,45–0,82

Примечания:

^а На основе ансамбля моделей ПССМ5; аномалии рассчитаны относительно 1986–2005 гг. Согласно данным Центра Гадлея/ОИК (HadCRUT4) и его оценке неопределенности (доверительный интервал 5–95 %), наблюдаемое потепление по сравнению с базовым периодом 1986–2005 гг. составляет 0,61 [0,55–0,67] °C за период 1850–1900 гг. и 0,11 [0,09–0,13] °C за период 1980–1999 гг. – базовый период для проекций, использованных в Д04. В данном докладе не содержится оценки *вероятных* диапазонов по сравнению с предыдущими базовыми периодами, поскольку в литературе не всегда приводятся методы для объединения неопределенностей в моделях и данных наблюдений. При сложении прогнозируемых и наблюдаемых изменений не учитываются потенциальные эффекты от систематических ошибок моделей по сравнению с данными наблюдений, а также естественная внутренняя изменчивость в течение базового периода наблюдений. {2.4; 11.2; таблицы 12.2 и 12.3}

^б На основе 21 модели ПССМ5; аномалии рассчитаны по сравнению с 1986–2005 гг. При отсутствии результатов моделирования в рамках ПССМ5 для конкретной модели общей циркуляции сопряженной системы атмосфера-океан (МОЦАО) или сценария они рассчитаны в соответствии с описанием в главе 13, таблица 13.5. Воздействия быстрых динамических изменений ледяных щитов и антропогенных хранилищ пресной воды рассматриваются в качестве имеющих одинаковые вероятностные распределения и в значительной мере не зависящих от сценариев. Подобный подход не подразумевает, что рассматриваемые воздействия не будут зависеть от соответствующего сценария, просто существующий уровень знаний не позволяет сделать количественную оценку этой зависимости. Исходя из существующего сейчас понимания, только разрушение, если оно начнется, участков ледяного щита Антарктики, основания которых находятся ниже уровня моря, могло бы вызвать в XXI-м веке значительное увеличение *вероятного* диапазона повышения среднего глобального уровня моря. Существует *средняя степень достоверности* относительно того, что этот дополнительный вклад не превысит нескольких десятков метра повышения уровня моря в XXI-м веке.

^с Рассчитано согласно проекциям, при диапазоне в 5–95 %. Эти диапазоны оцениваются как *вероятные* с учетом дополнительных неопределенностей или различных степеней достоверности в моделях. Для проекций изменения средней глобальной приземной температуры в 2046–2065 гг. *степень достоверности* является *средней*, поскольку относительная важность естественной внутренней изменчивости и неопределенности, связанной с воздействиями, отличными от воздействий парниковых газов, и реакций на них в этот период выше, чем в 2081–2100 гг. *Вероятные* диапазоны для 2046–2065 гг. не отражают возможное влияние факторов, которые приводят к оценке краткосрочных (2016–2035 гг.) изменений средней глобальной приземной температуры ниже диапазона 5–95 %, поскольку из-за недостаточных научных знаний не была сделана количественная оценка влияния этих факторов в более долгосрочной перспективе. {11.3}

^д Рассчитано на основе проекций диапазона 5–95 %. С учетом дополнительных неопределенностей или различных степеней достоверности в моделях эти диапазоны оценены как *вероятные*. В отношении проекций повышения глобального среднего уровня моря *степень достоверности* является *средней* в обоих временных горизонтах.

- В глобальном масштабе *вероятно*, что зона, охватываемая муссонными системами, увеличится в течение XXI-го века. Одновременно с *вероятным* ослаблением муссонных ветров интенсивность муссонных осадков, *вероятно*, увеличится вследствие повышения влагозапаса атмосферы. Даты начала муссонов, *вероятно*, сдвинутся на более ранние сроки или существенно не изменятся. Даты окончания муссонов, *вероятно*, передвинутся на более поздние сроки, что приведет к удлинению сезона муссонов во многих регионах. {14.2}
- Существует *высокая степень достоверности* относительно того, что явление Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО) в XXI-м веке будет по-прежнему определять доминирующий режим межгодовой изменчивости в тропических широтах Тихого океана, сопровождаемый глобальными последствиями. В результате повышения влажности связанная с ЭНСО изменчивость режима осадков на региональном уровне, *вероятно*, увеличится. Естественная изменчивость амплитуды и пространственной картины ЭНСО велика, и поэтому *степень достоверности* конкретных прогнозируемых изменений ЭНСО и сопутствующих региональных явлений в XXI-м веке остается *низкой*. {5.4, 14.4}

Е.3 Атмосфера: Качество воздуха

- Диапазон проекций качества воздуха (содержание озона и $\text{VCH}_2,5^{17}$ в приповерхностном воздухе) обусловлен, главным образом, выбросами (включая CH_4), а не физическим изменением климата (*средняя степень достоверности*). Существует *высокая степень достоверности*, что в глобальном масштабе потепление ведет к уменьшению фоновое содержание озона в приземном слое. Высокие уровни CH_4 (как в РТК8.5) могут компенсировать это уменьшение, увеличив фоновое содержание озона в приземном слое к 2100 г. в среднем приблизительно на 8 ppb (25 % от нынешних уровней) по сравнению со сценариями, предусматривающими незначительные изменения уровней CH_4 (как в РТК4.5 и РТК6.0) (*высокая степень достоверности*). {11.3}
- Данные наблюдений и результаты моделирования свидетельствуют о том, что при всех прочих равных условиях более высокие приземные температуры в загрязненных регионах станут причиной усиления региональных обратных связей в химических реакциях в атмосфере и местных выбросах, которые приведут к повышению пиковых уровней озона и $\text{VCH}_2,5$ (*средняя степень достоверности*). Что касается $\text{VCH}_2,5$, то изменение климата может привести к изменению естественных источников аэрозолей и оказать влияние на их удаление с осадками, однако суммарному влиянию изменения климата на распределение $\text{VCH}_2,5$ не присваивается никакая степень достоверности. {11.3}

Е.4 Океан

Температура Мирового океана будет продолжать повышаться в течение XXI-го века. Теплота будет проникать с поверхности в глубокие слои и оказывать влияние на океаническую циркуляцию. {11.3, 12.4}

- Самое значительное повышение температуры океана прогнозируется в его поверхностном слое в тропических регионах и субтропической зоне Северного полушария. На большей глубине потепление будет самым заметным в Южном океане (*высокая степень достоверности*). Согласно наилучшим оценкам, повышение температуры верхнего 100-метрового слоя к концу XXI-го века составит от 0,6 °C (РТК2.6) до 2 °C (РТК8.5), а на глубине около 1 000 м – приблизительно от 0,3 °C (РТК2.6) до 0,6 °C (РТК8.5). {12.4, 14.3}
- *Весьма вероятно*, что в течение XXI-го века произойдет ослабление Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции (АМОЦ). Наилучшие оценки и диапазон¹⁸ ослабления, согласно моделям ПССМ5, составляют 11 % (1–24 %) для РТК2.6 и 34 % (12–54 %) для РТК8.5. *Вероятно*, что приблизительно к 2050 г. будет отмечено некоторое ослабление АМОЦ, однако в некоторые десятилетия она может усиливаться вследствие значительной естественной внутренней изменчивости. {11.3, 12.4}
- *Весьма маловероятно*, что в рассмотренных сценариях в XXI-м веке АМОЦ претерпит резкие изменения или коллапс. *Степень достоверности* оценки эволюции АМОЦ после XXI-го века *низкая* из-за ограниченного количества исследований и неоднозначных результатов. Однако невозможно исключить ее коллапс после XXI-го века в случае значительного и продолжительного потепления. {12.5}

¹⁷ $\text{VCH}_2,5$ означает взвешенные частицы с диаметром менее 2,5 микрон – единица измерения концентрации аэрозолей в атмосфере.

¹⁸ Диапазоны в этом пункте указывают на диапазон отклонений между моделями ПССМ5.

Е.5 Криосфера

Весьма вероятно, что протяженность и толщина морских льдов в Арктике будут продолжать сокращаться и что снежный покров в Северном полушарии в весеннее время года будет уменьшаться в XXI-м веке по мере повышения средней глобальной приземной температуры. Объем ледников будет продолжать уменьшаться. {12.4, 13.4}

- На основании средних значений по мультимодельному ансамблю к концу XXI-го века прогнозируется круглогодичное уменьшение площади арктического морского льда. Это сокращение находится в диапазоне от 43 % для РТК2.6 до 94 % для РТК8.5 в сентябре и от 8 % для РТК2.6 до 34 % для РТК8.5 в феврале (*средняя степень достоверности*) (см. рисунки РП.7 и РП.8). {12.4}
- Исходя из результатов оценки, сделанной с помощью подгруппы моделей, наиболее точно воспроизводящих среднее климатическое состояние и тренд площади морского льда в Арктике в период 1979–2012 гг., до середины столетия *вероятно* почти полное отсутствие льда в Северном Ледовитом океане¹⁹ в сентябре по сценарию РТК8.5 (*средняя степень достоверности*) (см. рисунки РП.7 и РП.8). По другим сценариям с уверенностью спрогнозировать, когда в XXI-м веке в сентябре в Арктике будут почти полностью отсутствовать льды, не представляется возможным. {11.3, 12.4, 12.5}
- В Антарктике с *низкой степенью достоверности* прогнозируется уменьшение площади и объема морского льда в конце XXI-го века по мере повышения средней глобальной приземной температуры. {12.4}
- Прогнозируется, что к концу XXI-го века сокращение объема ледников в мире, за исключением окраинных ледников Антарктики, составит от 15 до 55 % по сценарию РТК2.6 и от 35 до 85 % по сценарию РТК8.5 (*средняя степень достоверности*). {13.4, 13.5}
- Прогнозируется, что к концу XXI-го века площадь снежного покрова весной в Северном полушарии в среднем по модельному ансамблю сократится на 7 % по сценарию РТК2.6 и на 25 % по сценарию РТК8.5 (*средняя степень достоверности*). {12.4}
- *Практически определено*, что площадь приповерхностного слоя вечной мерзлоты в высоких северных широтах будет сокращаться по мере повышения средней глобальной приземной температуры. По прогнозам, к концу XXI-го века сокращение зоны поверхностной вечной мерзлоты (верхние 3,5 м) в среднем по модельному ансамблю составит от 37 % (РТК2.6) до 81 % (РТК8.5) (*средняя степень достоверности*). {12.4}

Е.6 Уровень моря

Средний глобальный уровень моря будет продолжать повышаться в XXI-м веке (см. рисунок РП.9). Во всех сценариях РТК скорость повышения уровня моря, весьма вероятно, превысит значения, отмечавшиеся в 1971–2010 гг., вследствие повышения температуры океана и увеличения сокращения массы ледников и ледниковых покровов. {13.3–13.5}

- За период, прошедший со времени выхода Д04, уверенность в результатах прогнозирования повышения среднего глобального уровня моря возросла благодаря более четкому пониманию физических причин повышения уровня моря, большей согласованности моделей, описывающих различные процессы, с данными наблюдений и включению динамических изменений ледяных щитов. {13.3–13.5}
- Повышение среднего глобального уровня моря в период 2081–2100 гг. по сравнению с 1986–2005 гг. будет, *вероятно*, в диапазоне от 0,26 до 0,55 м в сценарии РТК2.6, от 0,32 до 0,63 м в сценарии РТК4.5, от 0,33 до 0,63 м в сценарии РТК6.0 и от 0,45 до 0,82 м в сценарии РТК8.5 (*средняя степень достоверности*). В сценарии РТК8.5 повышение к 2100 г. составит от 0,52 до 0,98 м, а скорость повышения в течение 2081–2100 гг. – от 8 до 16 мм·год⁻¹ (*средняя степень достоверности*). Эти диапазоны получены на основе климатических проекций ПССМ5 в сочетании с моделями, описывающими физические процессы, и описанными в литературе оценками вкладов, вносимых ледниками и ледяными щитами (см. рисунок РП.9, таблицу РП.2). {13.5}

¹⁹ Можно говорить о почти полном отсутствии льда в Северном Ледовитом океане, если площадь морского льда составляет менее 10⁶ км² на протяжении по крайней мере пяти лет подряд.

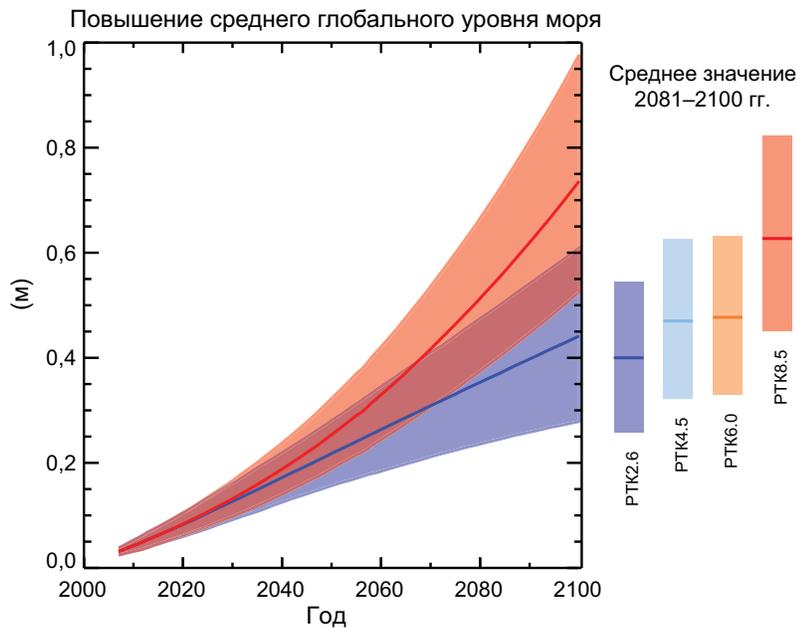


Рисунок РП.9. Проекция повышения среднего глобального уровня моря в XXI-м веке по сравнению с 1986–2005 гг. на основе комбинации ансамбля моделей ПССМ5 с моделями, описывающими различные процессы, по сценариям РТК2.6 и РТК8.5. Затененная зона представляет оценку вероятного диапазона. Оценки вероятных диапазонов средних значений за период 2081–2100 гг. для всех сценариев РТК представлены в виде цветных столбиков, а соответствующие медианные значения показаны в виде горизонтальной линии. Дополнительную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {таблица 13.5, рисунки 13.10 и 13.11; рисунки ТР.21 и ТР.22}

- В проекциях РТК на долю теплового расширения приходится от 30 до 55 % повышения среднего глобального уровня моря в XXI-м веке, а на долю ледников – от 15 до 35 %. Увеличение скорости таяния поверхности Гренландского ледяного щита превысит рост количества выпадающего снега, что приведет к положительному вкладу изменений баланса массы на поверхности ледяного щита в повышение уровня моря (*высокая степень достоверности*). Поверхностное таяние в Антарктике останется незначительным, но ожидается рост количества выпадающего снега (*средняя степень достоверности*), что приведет к отрицательному вкладу изменений баланса массы на поверхности ледяного щита в повышение уровня моря. Изменения суммарных стоков с обоих ледяных щитов внесут, вероятно, вклад в диапазоне от 0,03 до 0,20 м к 2081–2100 гг. (*средняя степень достоверности*). {13.3-13.5}
- Исходя из современного понимания, только разрушение, если оно начнется, участков ледяного щита Антарктики, основания которых находятся ниже уровня моря, могло бы стать в XXI-м веке причиной значительного увеличения вероятного диапазона повышения среднего глобального уровня моря. В то же время существует *средняя степень достоверности* в отношении того, что этот дополнительный вклад не превысит нескольких десятых метра роста уровня моря в XXI-го века. {13.4, 13.5}
- Были рассмотрены основания более значительного повышения среднего глобального уровня моря в XXI-м веке, однако в настоящее время имеющихся данных недостаточно для оценки вероятности превышения вероятного диапазона значений. Многие проекции повышения среднего глобального уровня моря, основанные на полуэмпирических моделях, дают больший рост, чем проекции по моделям, описывающим физические процессы (почти в два раза выше), но в научном сообществе нет согласия в отношении их надежности, и поэтому *достоверность* этих проекций *низка*. {13.5}
- Повышение уровня моря не будет однородным. *Весьма вероятно*, что к концу XXI-го века повышение уровня моря произойдет на более чем 95 % площади, занятой океаном. По прогнозам, приблизительно 70 % береговой линии во всем мире будет испытывать повышение уровня моря в пределах 20 % от изменения среднего глобального уровня моря. {13.1, 13.6}

Е.7 Углеродный и другие биогеохимические циклы

Изменение климата затронет процессы углеродного цикла, что приведет к повышению содержания CO₂ в атмосфере (*высокая степень достоверности*). Дальнейшее поглощение углерода океаном вызовет повышение кислотности океана. {6.4}

- Поглощение океаном антропогенного CO₂ будет продолжаться до 2100 г. во всех четырех сценариях РТК, при этом более значительное поглощение отмечается в сценариях с более высокими концентрациями (*весьма высокая степень достоверности*). Меньше ясности в отношении будущей динамики поглощения углерода суши. Большинство моделей прогнозируют дальнейший рост поглощения углерода суши по всем сценариям РТК, однако некоторые модели показывают потери углерода суши вследствие совокупного эффекта от изменения климата и изменений в землепользовании. {6.4}
- Исходя из данных моделей системы Земля, с *высокой степенью достоверности* можно считать, что в XXI-м веке обратная связь между климатом и углеродным циклом будет положительной; т. е. изменение климата будет частично препятствовать увеличению стоков углерода на суше и в океан, вызванному повышением концентрации CO₂ в атмосфере. В результате в атмосфере будет оставаться больший объем антропогенного CO₂. Положительная обратная связь между климатом и углеродным циклом во временных масштабах от ста до тысячи лет подтверждается данными палеоклиматических наблюдений и результатами моделирования. {6.2, 6.4}
- Модели системы Земля прогнозируют глобальное повышение кислотности океана во всех сценариях РТК. Соответствующее снижение к концу XXI-го века pH на поверхности океана находится в диапазоне¹⁸ от 0,06 до 0,07 по сценарию РТК2.6, от 0,14 до 0,15 по сценарию РТК4.5, от 0,20 до 0,21 по сценарию РТК6.0 и от 0,30 до 0,32 по сценарию РТК8.5 (см. рисунки РП.7 и РП.8). {6.4}
- Совокупные выбросы CO₂²⁰ за период 2012–2100 гг., сопоставимые с концентрациями CO₂ в атмосфере по сценариям РТК, полученными в 15 моделях системы Земля, находятся в диапазоне¹⁸ от 140 до 410 ГтУ по сценарию РТК2.6, от 595 до 1 005 ГтУ по сценарию РТК4.5, от 840 до 1 250 ГтУ по сценарию РТК6.0 и от 1 415 до 1 910 ГтУ по сценарию РТК8.5 (см. таблицу РП.3). {6.4}

Таблица РП.3. Совокупные выбросы CO₂ за период 2012–2100 гг., согласованные с атмосферными концентрациями по сценариям РТК, полученными в моделях системы Земля ПССМ5. {6.4, таблица 6.12, рисунок ТР.19}

Сценарий	Совокупные выбросы CO ₂ за 2012-2100 гг. ^a			
	ГтУ		ГтCO ₂	
	Среднее значение	Диапазон	Среднее значение	Диапазон
РТК2.6	270	140–410	990	510–1 505
РТК4.5	780	595–1 005	2 860	2 180–3 690
РТК6.0	1 060	840–1 250	3 885	3 080–4 585
РТК8.5	1 685	1 415–1 910	6 180	5 185–7 005

Примечание:

^a 1 гигатонна углерода = 1 ГтУ = 10¹⁵ грамм углерода. Это соответствует 3,667 ГтCO₂.

- К 2050 г. годовая эмиссия CO₂, полученная в моделях системы Земля по сценарию РТК2.6, меньше, чем эмиссия 1990 г. (на 14–96 %). К концу XXI-го века около половины моделей дают уровень выбросов чуть выше нуля, в то время как другая половина показывает чистое удаление CO₂ из атмосферы. {6.4, рисунок ТР.19}
- Высвобождение CO₂ или CH₄ в атмосферу при таянии вечной мерзлоты на протяжении XXI-го века оценивается в диапазоне от 50 до 250 ГтУ по сценарию РТК8.5 (*низкая степень достоверности*). {6.4}

²⁰ В результате деятельности секторов, связанных с сжиганием ископаемого топлива, производством цемента, промышленными выбросами, а также удалением и обработкой отходов.

E.8 Стабилизация климата, инерция изменения климата и необратимость

Совокупные выбросы CO₂ в значительной мере определяют повышение средней глобальной приземной температуры к концу XXI-го века и в дальнейшем (см. рисунок РП.10). Большинство аспектов изменения климата будут отмечаться в течение многих столетий, даже если выбросы CO₂ прекратятся. Это является отражением существенной инерции изменения климата в течение многих столетий, порожденной прошлыми, настоящими и будущими выбросами CO₂. {12.5}

- Совокупные суммарные выбросы CO₂ и реакция средней глобальной приземной температуры характеризуются практически линейной зависимостью (см. рисунок РП.10). Каждый конкретный уровень потепления связан с диапазоном совокупных выбросов CO₂²¹, и поэтому, например, более высокие уровни выбросов в более ранние десятилетия подразумевают более низкие выбросы в последующий период. {12.5}
- Ограничение потепления, вызванного только антропогенными выбросами CO₂, с 1861–1880 гг.²² с вероятностью >33 %, >50 % и >66 %, не превышающего уровень 2 °С, потребует, чтобы совокупные выбросы CO₂ из всех антропогенных источников оставались на уровне 0–1 570 ГтУ (5 760 ГтCO₂); 0–1 210 ГтУ (4 440 ГтCO₂) и 0–1 000 ГтУ (3 670 ГтCO₂) после указанного периода соответственно²³. Эти верхние пределы снижаются приблизительно до 900 ГтУ (3 300 ГтCO₂), 820 ГтУ (3 010 ГтCO₂) и 790 ГтУ (2 900 ГтCO₂) соответственно, когда учитываются дополнительные воздействия, не связанные с CO₂, как в сценарии РТК 2.6. К 2011 г. выбросы уже составили 515 [445–585] ГтУ (1 890 [1 630–2 150] ГтCO₂). {12.5}
- Для достижения более низкого расчетного показателя потепления или обеспечения более высокой вероятности непревышения конкретного температурного показателя потребуются снижение уровней совокупных выбросов CO₂. Учет влияния роста содержания иных, нежели CO₂, парниковых газов, снижения содержания аэрозолей или высвобождения парниковых газов при таянии вечной мерзлоты будет также снижать объем совокупных выбросов CO₂ для достижения конкретного показателя потепления (см. рисунок РП.10). {12.5}
- Большая доля антропогенного изменения климата, обусловленного выбросами CO₂, является необратимой во временных масштабах от нескольких столетий до тысячелетия, за исключением случая значительного чистого удаления CO₂ из атмосферы в течение длительного периода. После полного прекращения чистых антропогенных выбросов CO₂ приземные температуры будут оставаться повышенными и примерно постоянными на протяжении многих столетий. Вследствие длительных временных масштабов переноса тепла с поверхности океана в его глубинные слои повышение температуры океана будет длиться веками. В зависимости от сценария, около 15–40 % выброшенного CO₂ будет сохраняться в атмосфере в течение более 1 000 лет. {Вставка 6.1, 12.4, 12.5}
- *Практически определено*, что повышение среднего глобального уровня моря будет продолжаться после 2100 г., при этом повышение уровня моря, вызванное тепловым расширением, будет продолжаться в течение многих столетий. Немногочисленные имеющиеся результаты моделирования, охватывающие период после 2100 г., показывают, что повышение среднего глобального уровня моря будет к 2300 г. превышать доиндустриальный уровень менее чем на 1 м при радиационном воздействии, соответствующем концентрациям CO₂, которые достигают пиковых значений, затем снижаются и остаются на уровне ниже 500 ppm, как в сценарии РТК2.6. При радиационном воздействии, соответствующем концентрации CO₂ выше 700 ppm, но ниже 1 500 ppm, как в сценарии РТК8.5, прогнозируемое повышение составляет от 1 до более 3 м (*средняя степень достоверности*). {13.5}
- Продолжительная потеря массы ледяных щитов вызовет большее повышение уровня моря, причем потеря некоторой части этой массы может быть необратимой. *С высокой степенью достоверности* продолжительное потепление, превышающее определенные пороговые значения, приведет к почти полному исчезновению ледяного щита Гренландии в течение тысячелетия или более длительного периода, в результате чего повышение среднего глобального уровня моря составит до 7 м. Текущие оценки показывают, что по сравнению с доиндустриальным периодом это пороговое значение среднего глобального потепления составляет больше 1 °С (*низкая степень достоверности*), но меньше 4 °С (*средняя степень достоверности*). Резкая и необратимая потеря массы льда с потенциально нестабильных участков ледяного щита Антарктики, основания которых находятся ниже уровня океана, вследствие воздействия на климат возможна, но имеющиеся данные и современный уровень знаний недостаточны для проведения количественных оценок. {5.8, 13.4, 13.5}

²¹ Количественное определение этого диапазона выбросов CO₂ требует учета факторов, не связанных с CO₂.

²² Первый 20-летний период, данные за который получены на моделях.

²³ Основано на оценке переходной реакции климата на совокупные выбросы углерода (ПРКВ, см. раздел D.2).

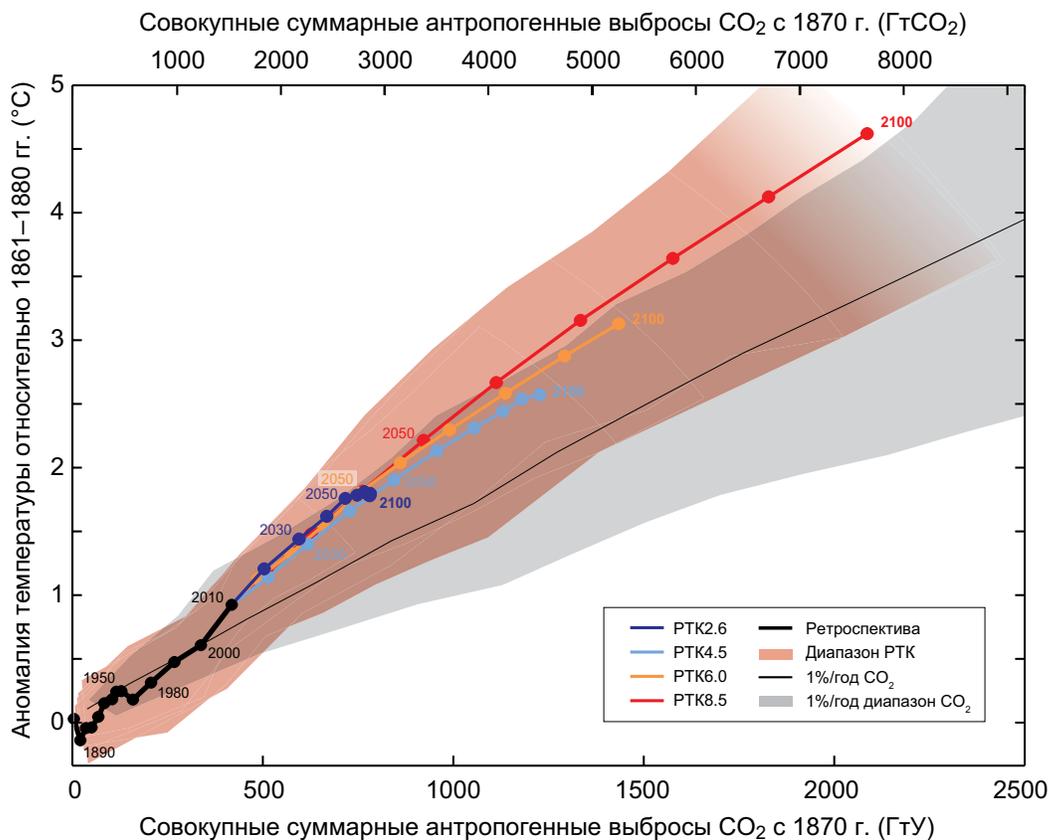


Рисунок РП.10. Повышение средней глобальной приземной температуры как функция совокупных глобальных выбросов CO₂, полученных по различным данным. Результаты, полученные по многим моделям класса «климат-углеродный цикл» для каждого сценария РТК до 2100 г., показаны цветными линиями и средними десятилетними значениями (точки). Некоторые десятилетние средние помечены для ясности (например, 2050 означает десятилетие 2040–2049 гг.). Результаты, полученные на модели за исторический период (1860–2010 гг.), показаны черным цветом. Цветной шлейф иллюстрирует межмодельный разброс по четырем сценариям РТК, а его меньшая яркость показывает уменьшение количества моделей в сценарии РТК 8.5. Среднее значение и диапазон, рассчитанные по моделям ПССМ5, с учетом роста CO₂ на 1 % в год (расчетный рост CO₂ на 1 % в год), показаны тонкой черной линией и серым цветом. Для конкретного объема совокупных выбросов CO₂ расчет роста CO₂ на 1 % в год дает меньшее потепление, чем в случае с РТК, которые включают дополнительные воздействия иных, нежели CO₂, газов. Значения температуры приводятся относительно базового периода 1861–1880 гг., а выбросы – относительно 1870 г. Средние значения по десятилетиям соединяются прямыми линиями. Дополнительную техническую информацию см. в дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунок 12.45; TFE.8 TP, рисунок 1}

- Были предложены методы целенаправленного воздействия на климатическую систему для предотвращения изменения климата (геоинжиниринг). Недостаточность данных не позволяет провести всестороннюю количественную оценку управления солнечной радиацией (УСР) и удаления двуокси углерода (УДУ), а также их воздействия на климатическую систему. Методы УДУ имеют биогеохимические и технологические ограничения их потенциала в глобальном масштабе. Не хватает знаний для того, чтобы количественно определить, какой объем выбросов CO₂ может быть частично удален посредством УДУ в столетнем временном масштабе. Результаты моделирования показывают, что методы УСР, в случае их практической реализации, могли бы в значительной мере нейтрализовать повышение глобальной температуры, однако они привели бы также к изменению глобального гидрологического цикла и не снизили бы уровень кислотности океана. При прекращении УСР по какой-либо причине существует *высокая степень достоверности* в отношении того, что глобальные приземные температуры весьма быстро повысятся до значений, обусловленных воздействием парниковых газов. Методы УДУ и УСР имеют другие побочные эффекты и долговременные последствия в глобальном масштабе. {6.5, 7.7}

Вставка РП.1: Репрезентативные траектории концентраций (РТК)

Для проекций изменения климата, подготавливаемых Рабочей группой I МГЭИК, требуется информация о будущих выбросах или концентрациях парниковых газов, аэрозолей, а также о других факторах, влияющих на климат. Эта информация часто бывает представлена в виде сценария деятельности человека, которая не оценивается в настоящем докладе. Сценарии, использованные Рабочей группой I, сосредоточены на антропогенных выбросах и не включают изменения природных факторов, таких как солнечное или вулканическое воздействие или естественные выбросы, например CH_4 и N_2O .

Для Пятого доклада об оценке МГЭИК научное сообщество определило набор из четырех новых сценариев, именуемых репрезентативными траекториями концентраций (РТК, см. Глоссарий). Они определяются приблизительной суммарной величиной радиационного воздействия в 2100 г. по сравнению с 1750 г.: 2,6 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для РТК2.6; 4,5 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для РТК4.5; 6,0 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для РТК6.0 и 8,5 $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для РТК8.5. Применительно к результатам 5-й фазы Проекта сравнения совместных моделей (ПССМ5) эти величины следует воспринимать только в качестве примерных, поскольку воздействие на климат, обусловленное всеми факторами, меняется в зависимости от модели из-за конкретных характеристик модели и подхода к кратковременным факторам воздействия на климат. Эти четыре РТК включают один сценарий сокращения выбросов, который предполагает весьма низкий уровень воздействия (РТК2.6); два сценария стабилизации (РТК4.5 и РТК6.0) и один сценарий с весьма высокими уровнями выбросов парниковых газов (РТК8.5). Таким образом, РТК могут отражать результаты целого ряда направлений политических мер в области климата в XXI-м веке по сравнению с их отсутствием в Специальном докладе о сценариях выбросов (СДСВ), использованном в Третьем докладе об оценке и Четвертом докладе об оценке. Согласно РТК6.0 и РТК8.5, радиационное воздействие не достигает максимального значения к 2100 г.; в РТК2.6 оно достигает максимума и затем снижается; и в РТК4.5 оно стабилизируется к 2100 г. Каждый сценарий РТК дает комплекты данных с высоким пространственным разрешением по изменениям в землепользовании и выбросам загрязняющих воздух веществ по секторам экономики, а также определяет годовые концентрации парниковых газов и антропогенные выбросы до 2100 г. Сценарии РТК основаны на комбинации комплексных оценочных моделей, простых климатических моделей и моделей химии атмосферы и глобального углеродного цикла. Хотя РТК охватывают широкий диапазон значений совокупных воздействий, они не включают весь спектр выбросов, описанных в литературе, особенно по аэрозолям.

Большинство расчетов по моделям ПССМ5 и моделям системы Земля выполнялись с заданными уровнями концентраций CO_2 , достигающими к 2100 г. 421 ppm (РТК2.6), 538 ppm (РТК4.5), 670 ppm (РТК6.0) и 936 ppm (РТК8.5). С учетом также заданных концентраций CH_4 и N_2O суммарные концентрации в эквиваленте CO_2 составляют 475 ppm (РТК2.6), 630 ppm (РТК4.5), 800 ppm (РТК6.0) и 1 313 ppm (РТК8.5). Для РТК8.5 выполняются дополнительные расчеты по моделям ПССМ5 и моделям системы Земля с уровнями выбросов CO_2 , заданными в соответствии с результатами, полученными по комплексным оценочным моделям. Для всех РТК проводились дополнительные расчеты с использованием уточненных данных по химическому составу атмосферы и моделей (включая компонент ПССМ5 по химии атмосферы и климату), а также заданных в РТК значений выбросов химически активных газов (CH_4 , N_2O , ГФУ, NO_x , СО, НМЛОС). Эти модельные расчеты позволяют оценить неопределенности, связанные с обратными связями, касающимися углеродного цикла и химии атмосферы.

