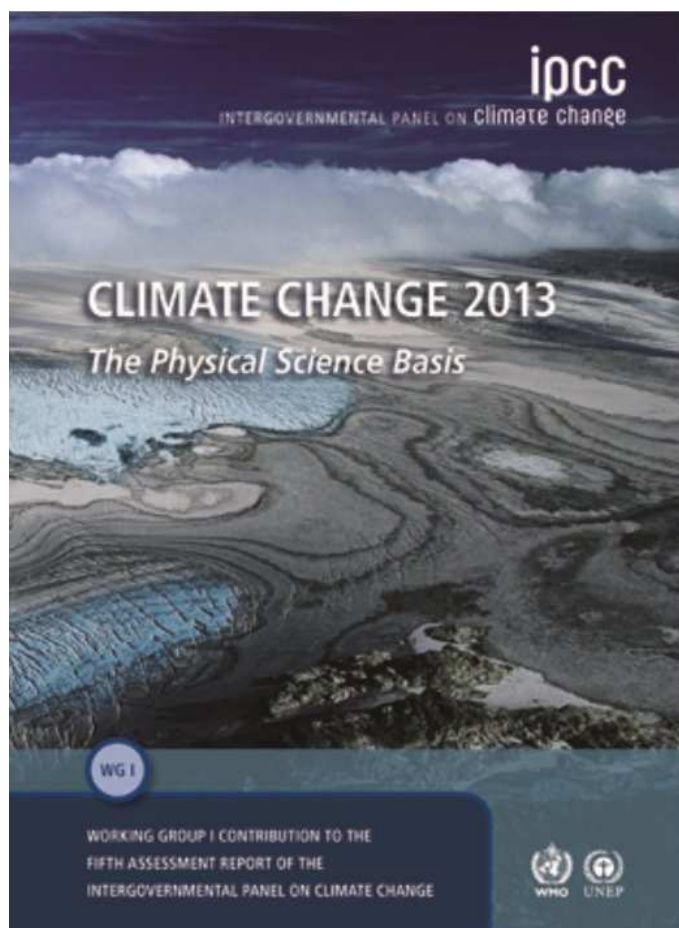


«Изменение климата 2013: Физическая научная основа»



**Доклад Первой рабочей группы
Пятого оценочного доклада
Межправительственной группы экспертов
по изменению климата
(МГЭИК, IPCC 5AR WG1)**

**Резюме для лиц,
принимающих решения**

Резюме для лиц, принимающих решения
Доклад Первой рабочей группы
Пятого оценочного доклада
Межправительственной группы экспертов
по изменению климата (МГЭИК, IPCC 5AR WG1)

Данный образовательный материал, предназначенный для ознакомления российской общественности с Пятым оценочным докладом МГЭИК и проведения соответствующих занятий, представляет собой неофициальный перевод Резюме, выполненный WWF России.

Материал подготовлен в рамках проекта WWF России по пропаганде результатов 5AR WG1 IPCC и их должному отражению в позициях НПО и Гражданской Восьмерки, поддержанному Фондом UKFCO.

Руководитель проекта: А. О. Кокорин

Консультант - методист: О. Н. Сенова

Научные редакторы перевода: И. М. Школьник, П. В. Спорышев, В. П. Мелешко

Переводчик: Т. Б. Шишкина

С вопросами и комментариями просьба обращаться по электронной почте:
akokorin@wwf.ru – Алексей Олегович Кокорин.

Данный материал будет размещен на сайте www.wwf.ru/climate

Резюме для лиц, принимающих решения

Основные авторы: Лайза Александер (Австралия), Саймон Аллен (Швейцария/Новая Зеландия), Натаниэль Л.Биндофф (Австралия), Франсуа-Мари Бреон (Франция), Джон Черч (Австралия), Ульрих Кубаш (Германия), Сеита Эмори (Япония), Пирс Форстер (Великобритания), Пьер Фридлингстейн (Великобритания/Бельгия), Натан Жиллетт (Канада), Джонатан Грегори (Великобритания), Деннис Хартман (США), Эйштейн Янсен (Норвегия), Бен Киртман (США), Рето Кнутти (Швейцария), Кришна Кумар Каникичарла (Индия), Петер Лемке (Германия), Йохем Маротцке (Германия), Валери Массон-Делмтт (Франция), Джеральд Мель (США), Игорь Мохов (Россия), Шилонг Пьяо (Китай), Жан-Каспер Платтнер (Швейцария), Цинь Дахе (Китай), Венкатачалам Рамасвами (США), Дэвид Рэндалл (США), Моника Райн (Германия), Маиса Рохас (Чили), Кристофер Сабин (США), Дрю Шинделл (США), Томас Ф. Стокер (Швейцария), Линн Тэлли (США), Дэвид Воган (Великобритания), Шанг-Пинг Кси (США).

Участвующие авторы: Майлз Аллен (Великобритания), Оливье Буше (Франция), Дон Чамберс (США), Йенс Хессельбьерг Кристенсен (Дания), Филипп Сиз (Франция), Питер Кларк (США), Мэттью Коллинз (Великобритания), Джозефино Комизо (США), Вивиан Васконселлос де Менезес (Австралия/Бразилия), Ричард Фили (США), Тьерри Фишфет (Бельгия), Арлин Фиоре (США), Грегори Флато (Канада), Ян Фуглестведт (Норвегия), Габриэль Хегерль (Великобритания/Германия), Пол Хезел (Бельгия/США), Грегори Джонсон (США), Георг Казер (Австрия/Италия), Владимир Катцов (Россия), Джон Кеннеди (Великобритания), Альберт Кляйн Танк (Нидерланды), Коринн Ле Кере (Великобритания/Франция), Гуннар Мире (Норвегия), Тим Осборн (Великобритания), Энтони Пэйн (Великобритания), Джудит Перльвиц (США/Германия), Скотт Пауэр (Австралия), Майкл Пратер (США), Стивен Ринтул (Австралия), Джоери Рогель (Швейцария), Матильда Рустикуччи (Аргентина), Михаэль Шульц (Германия), Ян Седлачек (Швейцария), Петер Скотт (Великобритания), Роуэн Саттон (Великобритания), Питер Торн (США/Норвегия/Великобритания), Дональд Вюбблс (США).

Утверждено 27 сентября 2013 г.

**Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад
Изменение климата 2013: физическая научная основа
Резюме для лиц, принимающих решения**

А. Введение

Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный доклад МГЭИК (ОД5) заключается в рассмотрении новых свидетельств изменения климата на основе множества независимых научных исследований, основанных на наблюдениях за климатической системой, палеоклиматических данных, теоретических исследованиях климатических процессов и использовании климатических моделей. Этот материал основывается на вкладе Рабочей Группы I в Четвертый оценочный доклад МГЭИК (ОД4) и включает выводы новых исследований. В качестве составной части выпуска настоящего Доклада Специальный доклад МГЭИК «Управление рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата» (SREX) является важной информационной базой по изменению климата и экстремальным погодным явлениям.

Резюме для лиц, принимающих решения, имеет ту же структуру, что и доклад Рабочей группы I. Повествование подкрепляется серией общих выводов, которые вместе представляют собой краткое резюме. В выделенном курсивом абзаце в начале каждого основного раздела кратко описана методологическая база оценки.

Степень уверенности в основных выводах оценки основана на проведенном группой авторов анализе лежащих в их основе научных представлений и выражается через качественный уровень достоверности (от *очень низкого* до *очень высокого*) и, где это возможно, через количественную вероятность (от *абсолютно невероятного* до *практически определенного*). Уверенность в обоснованности каждого вывода основана на виде, объеме, качестве и непротиворечивости данных (например, фактов, механистического понимания, теории, моделей, экспертных заключений) и степени их согласованности¹. Вероятностные оценки количественных мер неопределенности в каждом выводе основаны на статистическом анализе наблюдений или на результатах моделирования, либо и на том, и на другом, а также на экспертных заключениях². Где это целесообразно, выводы также формулируются как констатация факта без качественных оценок неопределенности (более подробно о специфических терминах, используемых МГЭИК для передачи неопределенности, см. Главу 1 и Блок TS.1).

¹ В данном Резюме для лиц, принимающих решения, для описания имеющихся свидетельств используются следующие термины: ограниченный, средний и надежный; для описания степени согласия: низкая, средняя и высокая. Для уровня достоверности могут использоваться пять качественных оценок: очень низкий, низкий, средний, высокий и очень высокий и курсив, например: *средний уровень достоверности*. Какому-либо свидетельству и степени согласия могут присваиваться различные уровни достоверности, но повышение уровня свидетельства и степени согласия коррелирует с более высоким уровнем достоверности (более подробно см. Главу 1 и Блок TS.1).

² В данном Резюме для лиц, принимающих решения, используются следующие термины для обозначения оценки вероятности какого-либо эффекта или результата: практически определенно (вероятность 99-100%), очень вероятно (90-100%), вероятно (66-100%), относительно вероятно (33-66%), маловероятно (0-33%), весьма маловероятно (0-10%), абсолютно невероятно (0-1%). При необходимости могут также использоваться дополнительные обозначения: чрезвычайно вероятно (95-100%), скорее вероятно, чем нет (>50-100%) и совершенно невероятно (0-5%). Оценка вероятности приводится курсивом, например: *очень вероятно* (более подробно см. Главу 1 и Блок TS.1).

Основу главных пунктов данного Резюме для лиц, принимающих решения, можно найти в разделах глав лежащего в его основе отчета и в Техническом резюме. Соответствующие ссылки приведены в фигурных скобках.

В. Наблюдаемые изменения климатической системы

Наблюдения за климатической системой основываются на непосредственных измерениях и дистанционном зондировании со спутников и других платформ. Наблюдения за температурой и другими переменными в глобальном масштабе начались с середины XIX-го века, с началом инструментальной эры, но более всесторонними и разнообразными по набору наблюдаемых параметров они стали с 1950 г. Палеоклиматические модели позволяют восстановить значения параметров, существовавшие сотни и миллионы лет назад. Вместе они дают системную картину долгосрочных изменений в атмосфере, океане, криосфере и у земной поверхности.

Факт потепления климата не подлежит сомнению, и многие из наблюдаемых с 1950-х годов изменений не имели прецедентов на протяжении от десятков до тысяч лет. Произошло потепление атмосферы и океана, сократились запасы снега и льда, поднялся уровень океана, возросла концентрация парниковых газов (см. Рис. SPM.1, SPM.2, SPM.3 и SPM.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}.

В.1 Атмосфера

Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли, чем любое другое десятилетие, начиная с 1850 г. (см. Рис. SPM.1). В северном полушарии 1983-2012 годы, вероятно, были самым теплым 30-летним периодом за последние 1400 лет (*средний уровень достоверности*). {2.4, 5.3}.

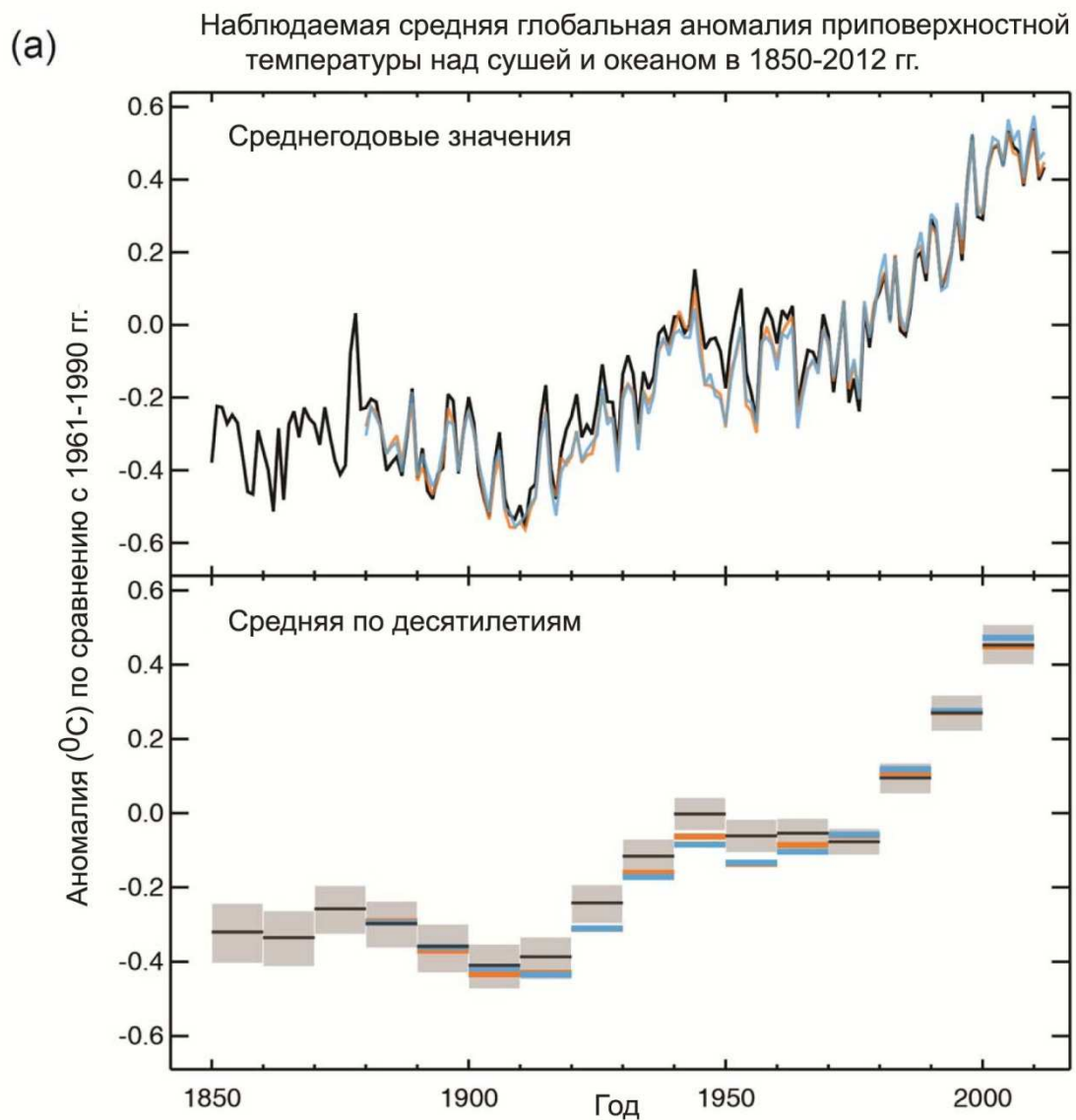


Рисунок SPM.1: (a) Наблюдаемые с 1850 по 2012 г. аномалии средней глобальной температуры поверхности суши и океана на основе трех массивов данных. Верхняя часть: среднегодовые значения; нижняя часть: средние значения по десятилетиям, включая оценку неопределенности для одного массива данных (черный цвет). Аномалии рассматриваются относительно средних значений за 1961-1990 годы.

(b) Наблюдаемое изменение средней приповерхностной температуры в 1901-2012 гг.

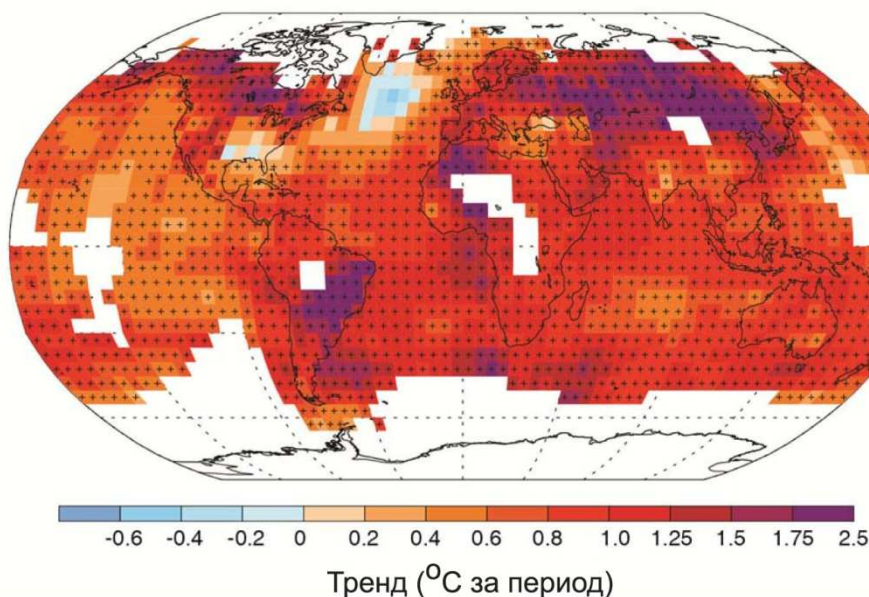


Рисунок SPM.1: (b) Карта наблюдаемых изменений приземной температуры с 1901 по 2012 год, составленная на основе температурных трендов, определенных методом линейной регрессии на основе одного массива данных (оранжевая линия в части (a)). Тренды были определены для тех мест, где наличие данных позволяет сделать надежную оценку (т.е. только для ячеек сетки, в которых имеется более 70% от возможного объема данных, причем более 20% от возможного объема данных за первые и последние 10% периода наблюдений). Прочие области закрашены белым. Ячейки сети, для которых статистическая значимость тренда достигает 10%, обозначены знаком «+». Более подробно о массивах данных и прочей технической информации см. Дополнительный материал к Техническому резюме. {Рисунки 2.19-2.21; Рисунок TS.2}

- Данные о средней глобальной температуре поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на 0,85 [от 0,65 до 1,06]°C³ за период 1880-2012 гг., за который имеется большое количество независимо полученных массивов данных. Сравнение средних значений за 1850-1900 гг. и за 2003-2012 гг. показывает прирост на 0,78 [от 0,72 до 0,85]°C на основе одной, самой продолжительной временной выборки⁴ (Рисунок SPM.1a). {2.4}
- По самому продолжительному периоду, достаточному для адекватного расчета региональных трендов (1901-2012 гг.), почти во всем мире отмечалось повышение приземной температуры (Рисунок SPM.1b). {2.4}
- В дополнение к очевидному повышению на протяжении десятилетий, средняя глобальная температура поверхности суши и океана демонстрирует значительную

³ Если не установлено иное, в материале РГ I к ОД5 при количественной оценке неопределенности используются 90%-ные интервалы неопределенности. Ожидается, что 90%-ный интервал неопределенности, указанный в квадратных скобках, с вероятностью 90% включает оцениваемую величину. Интервалы неопределенности не обязательно симметричны относительно соответствующих наилучших оценок. Наилучшие оценки значений также приведены при их наличии.

⁴ Оба метода, представленные в этом пункте, также использовались в ОД4. Первый рассчитывает разницу с использованием линейного тренда, обеспечивающего наилучшее соответствие всех значений между 1880 и 2012 годами. Второй оценивает разницу между средними значениями за два интервала: с 1850 до 1900 г. и с 2003 до 2012 г. Поэтому результирующие значения и их 90%-ные интервалы неопределенности не подлежат прямому сравнению (2.4).

межгодовую и десятилетнюю изменчивость (см. Рисунок SPM.1). В силу естественной изменчивости тренды, основанные на коротких периодах наблюдений, очень чувствительны к датам начала и окончания периода и в целом не отражают долгосрочные климатические тенденции. В качестве примера: темпы потепления за последний 15-летний период (1998-2012 гг.; 0,05 [от -0,05 до +0,15]°C за десятилетие), начинающийся сильным Эль Ниньо, медленнее, чем темпы, рассчитанные с 1951 г. (1951-2012 гг.; 0,12 [от 0,08 до 0,14]°C за десятилетие)⁵. {2.4}

- Восстановление значений температуры поверхности на масштабах континентов с *высокой достоверностью* свидетельствует о наличии длительных периодов во время Средневековой климатической аномалии (с 950 до 1250 г.), когда на протяжении многих десятилетий в некоторых регионах было так же тепло, как в конце XX-го века. Эти региональные потепления не были настолько согласованными, как при потеплении конца XX-го века (*высокая степень достоверности*). {5.5}
- Температура тропосферы во всем мире *практически определенно* повысилась с середины XX-го века. Более длинные ряды наблюдений допускают большую, чем где-либо еще, степень достоверности при оценке изменений температуры тропосферы во внетропической зоне северного полушария. В отношении темпов и вертикальной структуры потепления во внетропической зоне северного полушария имеется *средняя степень достоверности*, в остальных зонах – *низкая степень достоверности*. {2.4}
- В отношении изменений осадков в среднем над сушей существует *низкая степень достоверности* с 1901 по 1951 г. и *средняя* – с 1901 по 2013 г. В среднем, количество осадков в средних широтах над поверхностью суши в северном полушарии увеличилось с 1901 г. (*средняя степень достоверности* до 1951 г. и *высокая* – после). Для других широт имеется *низкая степень достоверности* долгосрочных средних по площади положительных или отрицательных трендов. {Рисунок SPM.2, Рисунок TS.XX, 2.5}

⁵ Тренды для 15-летних периодов, начинающихся в 1995 г., 1996 г. и 1997 г., составляют 0,13 [от 0,02 до 0,24], 0,14 [от 0,03 до 0,24], и 0,07 [-0,02 до 0,18]°C за десятилетие, соответственно.

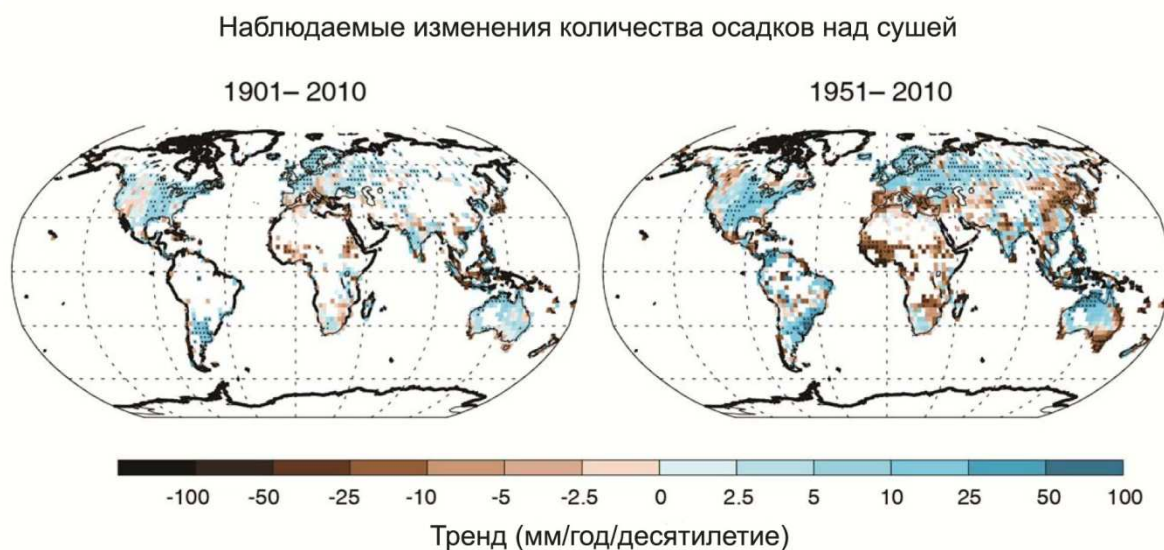


Рисунок SPM.2: Карты наблюдаемого изменения количества осадков с 1901 по 2010 г. и с 1951 по 2010 г. (тренды рассчитаны с использованием тех же критериев, что и на Рисунке SPM.1b) на основе одного массива данных. Более подробную техническую информацию см. в Дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунок TS.X; Рисунок 2.29}

- Приблизительно с 1950 г. наблюдаются изменения в экстремальных погодных и климатических явлениях (более подробно см. Таблицу SPM.1). *Очень вероятно*, что в мировом масштабе количество холодных дней и ночей уменьшилось, а количество теплых дней и ночей возросло⁶. *Вероятно*, что частота волн тепла увеличилась на обширных территориях Европы, Азии и Австралии. *Вероятно*, что число регионов суши, где количество интенсивных осадков увеличилось, преобладает над числом регионов, где оно снизилось. Частота и интенсивность ливневых осадков, *вероятно*, возросла в Северной Америке и Европе. Что касается других континентов, то *достоверность* изменения частоты и интенсивности сильных осадков, в лучшем случае, *средняя*. {2.6}

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

Явление и направление тренда	Оценка вероятности произошедших изменений (как правило, с 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 и/или меньше холодных дней и ночей над большей частью суши	Очень вероятно {2.6}	Очень вероятно {10.6}	Вероятно {11.3}	Практически определено {12.4}
	Очень вероятно Очень вероятно	Вероятно Вероятно	- -	Практически определено Практически определено
Более теплые и/или более частые жаркие дни и ночи над большей частью суши	Очень вероятно {2.6}	Очень вероятно {10.6}	Вероятно {11.3}	Практически определено {12.4}
	Очень вероятно Очень вероятно	Вероятно Вероятно (только ночи)	- -	Практически определено Практически определено
Потепление/жаркие периоды. Увеличение частоты и/или продолжительности над большей частью суши	Средний уровень достоверности в глобальном масштабе {2.6}	Вероятно (а) {10.6}	Нет официальной оценки (b) {11.3}	Очень вероятно {12.4}
	Вероятно на больших территориях Европы, Азии и Австралии			
	Средний уровень достоверности во многих (но не во всех) регионах Вероятно	Нет официальной оценки Скорее вероятно, чем нет	- -	Очень вероятно Очень вероятно
Случаи обильных осадков	Вероятно, больше участков суши с	Средний уровень достоверности	Вероятно над многими регионами суши	Очень вероятно над многими регионами

Явление и направление тренда	Оценка вероятности произошедших изменений (как правило, с 1950 г., если не указано иное)	Оценка антропогенного вклада в наблюдаемые изменения	Вероятность дальнейших изменений	
			Начало XXI-го века	Конец XXI-го века
Увеличение частоты, интенсивности и/или количества обильных осадков	увеличением, чем с уменьшением (с) {2.6}	{7.6, 10.6}	{11.3}	суши в средних широтах и над влажными тропическими регионами
	<i>Вероятно, больше регионов суши с увеличением, чем с уменьшением</i> <i>Вероятно на большинстве регионов суши</i>	<i>Средний уровень достоверности</i> <i>Скорее вероятно, чем нет</i>	- -	<i>Вероятно во многих регионах</i> <i>Очень вероятно на большинстве регионов суши</i>
Увеличение интенсивности и/или продолжительности засухи	Низкий уровень достоверности в глобальном масштабе <i>Вероятные изменения в некоторых регионах (d)</i> {2.6}	Низкий уровень достоверности {10.6}	<i>Низкий уровень достоверности (g)</i> {11.3}	Вероятно (средний уровень достоверности) на региональном и глобальном уровне (h) {12.4}
	<i>Средний уровень достоверности в некоторых регионах</i> <i>Вероятно во многих регионах с 1970 г. (e)</i>	<i>Средний уровень достоверности (f)</i> <i>Скорее вероятно, чем нет</i>	- -	<i>Средний уровень достоверности в ряде регионов</i> <i>Вероятно (e)</i>
Усиление интенсивной циклонической активности в тропиках	Низкий уровень достоверности в долгосрочных (вековых) изменениях {2.6}	Низкий уровень достоверности (i) {10.6}	<i>Низкий уровень достоверности</i> {11.3}	Скорее вероятно, чем нет на северо-западе Тихоокеанского региона и в Северной Атлантике (j) {14.6}

Явление и направление тренда	Оценка вероятности произошедших изменений (как правило, с 1950 г., если не указано иное)	Оценка антропогенного вклада в наблюдаемые изменения	Вероятность дальнейших изменений	
			Начало XXI-го века	Конец XXI-го века
	Практически определено в Северной Атлантике с 1970 г.			
	Низкий уровень достоверности	Низкий уровень достоверности	-	Скорее вероятно, чем нет в некоторых регионах
	Вероятно (в ряде регионов с 1970 г.)	Скорее вероятно, чем нет	-	Вероятно
Увеличение случаев и/или величины экстремально высоких уровней моря	Вероятно (с 1970 г.) {3.7}	Вероятно (к) {3.7}	Вероятно (l) {13.7}	Очень вероятно (l) {13.7}
	Вероятно (конец XX-го века) Вероятно	Вероятно (к) Скорее вероятно, чем нет (к)	-	Очень вероятно (m) Вероятно

Таблица SPM.1: Экстремальные погодные и климатические условия: глобальная оценка недавно наблюдаемых изменений, человеческий вклад в эти изменения и прогноз дальнейших изменений на начало (2016-2035 гг.) и конец (2081-2100 гг.) XXI-го века. Жирным шрифтом выделены пересмотренные* в ОД5 (черный) глобальные оценки по сравнению со SREX (синий) и ОД4 (красный). Прогнозы на начало XXI-го века в предыдущих оценочных докладах отсутствовали. Если иное не указано, прогнозы в ОД5 даются по сравнению с базовым периодом 1986-2005 гг. с использованием новых сценариев Репрезентативных траекторий концентрации ПГ (РТК) (см. Блок SPM.1). Определения экстремальных погодных и климатических явлений см. в Глоссарии.

* Прямое сравнение оценок между докладами затруднительно. Для некоторых климатических переменных была сделана оценка различных характеристик, и при работе со SREX и ОД5 использовалось переработанное руководство по неопределенностям. Появление новой информации, более четкое научное понимание, непрерывный анализ данных и моделей и специфические различия в методологиях, применяемых в оцениваемых исследованиях, – все эти факторы внесли вклад в уточнение оценок.

Примечания:

- (a) Объяснения основаны на имеющихся исследованиях. Вероятно, влияние человека более чем в два раза повысило вероятность наступления жарких периодов, наблюдаемых в некоторых регионах.
- (b) Модели прогнозируют увеличение в краткосрочной перспективе продолжительности, интенсивности и пространственной протяженности жарких периодов и потепления.
- (c) По большинству материков достоверность трендов не превышает среднего уровня, за исключением Северной Америки и Европы, где отмечаются вероятные увеличения либо частоты, либо интенсивности обильных осадков с небольшими сезонными и/или региональными колебаниями. Очень вероятно, что увеличения отмечались в центральных регионах Северной Америки.
- (d) Частота и интенсивность засухи, вероятно, увеличились в Средиземноморье и Западной Африке и, вероятно, уменьшились в центральных регионах Северной Америки и на северо-западе Австралии.
- (e) В ОД4 была сделана оценка территорий, затронутых засухой.
- (f) В SREX достоверность того, что антропогенное воздействие оказало влияние на некоторые изменения характерных распределений засухи, наблюдавшихся во второй половине XX-го века, была оценена как средняя, базируясь на антропогенном влиянии на изменения режима осадков и температуры. SREX оценил как имеющие низкую достоверность изменения засухи на уровне отдельных регионов.
- (g) Достоверность прогнозируемых изменений уровня содержания влаги в почве оценивается как низкая.
- (h) Прогнозируемое уменьшение содержания влаги в почве и усиление сельскохозяйственных засух на региональном и глобальном уровне являются вероятными (средняя достоверность) к концу этого столетия в засушливых регионах по сценарию RTK8.5. Высыхание почв в Средиземноморье, на юго-западе США и в Западной Африке согласуется с прогнозируемыми изменениями циркуляции Хэдли и повышением приземных температур, поэтому с высокой достоверностью высыхание почв в этих регионах к концу столетия по сценарию RTK8.5 является вероятным.
- (i) Со средней достоверностью уменьшение аэрозольного воздействия в Северной Атлантике оказало по меньшей мере частичное влияние на наблюдаемое с 1970 г. усиление циклонической активности в тропической части этого региона.
- (j) На основе экспертных заключений и оценок прогнозов, использующих сценарий SRES A1B (или аналогичный).
- (k) Объяснение основано на тесной связи между наблюдаемыми изменениями экстремальных и средних уровней океана.
- (l) С высокой достоверностью такое повышение экстремально высоких уровней моря будет в первую очередь являться результатом повышения среднего уровня Мирового океана. Достоверность прогнозов региональных штормов и вызванных ими штормовых приливов является низкой.
- (m) SREX оценивает как очень вероятное влияние повышения уровня Мирового океана на положительные тренды изменений максимальной высоты подъема прибрежных уровней моря во время приливов.

В.2 Океан

Повышение температуры океана является главным фактором, способствующим увеличению количества энергии, которое содержится в климатической системе; на его долю приходится более 90% энергии, аккумулированной между 1971 г. и 2010 г. (*высокий уровень достоверности*). Практически определенно температура верхнего слоя океана (0-700 м) повысилась в период с 1971 г. до 2010 г. (см. Рисунок SPM.3) и, вероятно, повысилась между 1870 и 1971 гг. {3.2, Блок 3.1}

- В глобальном масштабе самое большое повышение температуры океана происходит у поверхности, и в течение 1971-2010 гг. температура верхних 75 м повышалась на 0,11 [от 0,09 до 0,13]°C за десятилетие. За время после выхода ОД4 были обнаружены и уменьшены ошибки анализов наблюдений за температурой верхнего слоя океана, что повысило достоверность оценок происходящих изменений. {3.2}
- Между 1957 г. и 2009 г. температура океана на глубине от 700 до 2000 м, вероятно, повысилась. Для глобальной оценки изменения температуры океана ниже 2000 м имеется достаточно наблюдений за период с 1992 г. до 2005 г. В этот период, вероятно, не наблюдалось значительных температурных трендов на глубине от 2000 до 3000 м. Вероятно, температура океана ниже 3000 м за этот период повысилась, причем самое большое повышение отмечается в Южном океане. {3.2}
- В течение 40-летнего периода с 1971 по 2010 г., который характеризуется относительно большим количеством наблюдений, более 60% чистого увеличения энергии в климатической системе наблюдается в верхнем слое океана (0-700 м) и около 30% – на глубине более 700 м. Рост теплосодержания в верхнем слое океана за этот период, оцененный на основе линейного тренда, составляет, вероятно, 17 [от 15 до 19] $\times 10^{22}$ Дж⁷ (Рисунок SPM.3). {3.2, Блок 3.1}
- Относительно вероятно, что теплосодержание океана на глубине 0-700 м в 2003-2010 гг. увеличивалось более медленно, чем в 1993-2002 гг. (см. Рисунок SPM.3). Поглощение тепла океаном на глубине 700-2000 м, где межгодовая изменчивость меньше, вероятно, продолжалось в 1993-2009 гг. {3.2, Блок 9.2}
- Очень вероятно, что с 1950-х годов в регионах с повышенной соленостью и преобладанием испарения вода стала еще более соленой, в то время как в регионах с низкой соленостью и преобладанием осадков она стала еще более пресной. Эти региональные тенденции в изменении уровня солености морской воды являются косвенным свидетельством изменения режима испарения и осадков над Мировым океаном (*средний уровень достоверности*). {2.5, 3.3, 3.5}
- Согласно данным десятилетних наблюдений за всей Атлантической меридиональной циркуляцией (АМЦ) и более продолжительных наблюдений за ее отдельными компонентами, в АМЦ значимый тренд не обнаруживается. {3.6}

⁷ Постоянный приток тепла через поверхность океана со скоростью 1 В м⁻² в течение 1 года приведет к повышению теплосодержания океана на 1,1 $\times 10^{22}$ Дж.

В.3 Криосфера

За последние два десятилетия ледовые щиты Гренландии и Антарктики уменьшились в объеме, ледники продолжали сокращаться почти во всем мире, площадь арктических морских льдов и весеннего снежного покрова в северном полушарии продолжала уменьшаться (*высокий уровень достоверности*) (см. Рисунок SPM.3). {4.2-4.7}

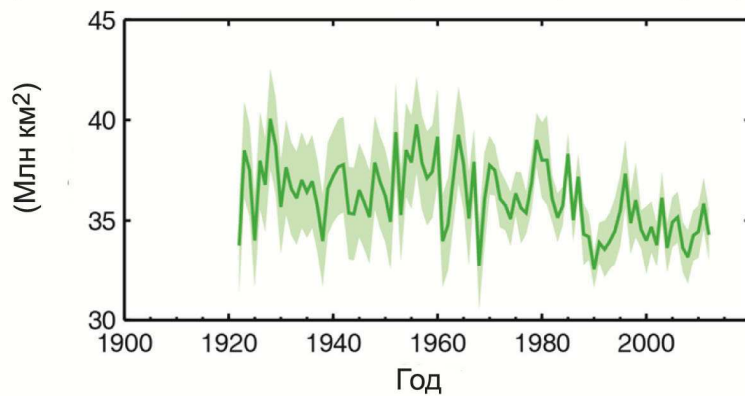
- Средняя скорость сокращения ледникового покрова⁸ по всему миру, за исключением ледников, расположенных на периферии ледовых щитов⁹, *очень вероятно*, составляла 226 [от 91 до 361] Гт год⁻¹ в течение 1971-2009 гг. и очень вероятно – 275 [от 140 до 410] Гт год⁻¹ в 1993-2009 гг.¹⁰. {4.3}
- Средняя скорость сокращения массы ледового щита Гренландии, *очень вероятно*, значительно увеличилась с 34 [от –6 до 74] Гт год⁻¹ в 1992-2001 гг. до 215 [от 157 до 274] Гт год⁻¹ в 2002-2011 гг. {4.4}
- Средняя скорость сокращения массы ледового щита Антарктики, *вероятно*, увеличилась с 30 [от –37 до 97] Гт год⁻¹ в 1992-2001 гг. до 147 [от 72 до 221] Гт год⁻¹ в 2002-2011 гг. С *очень высокой достоверностью* эти сокращения происходят в основном на севере Антарктического полуострова и в секторе моря Амундсена в Западной Антарктике. {4.4}

⁸ Все упоминания «уменьшения ледяного покрова» или «сокращения объема» относятся к чистому сокращению ледяного покрова: образование минус таяние и откалывание айсбергов.

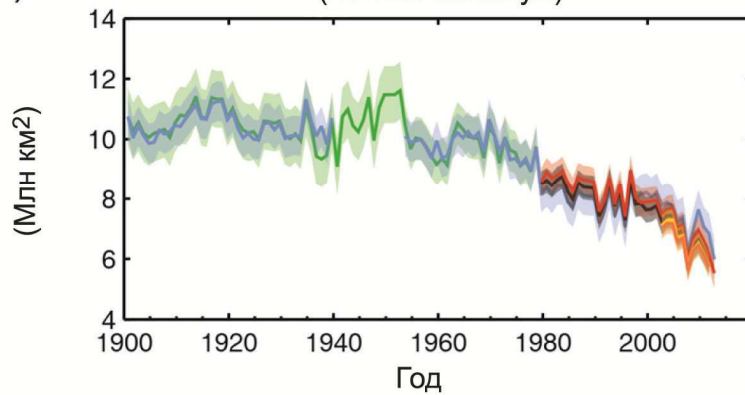
⁹ По методологическим причинам эта оценка сокращения ледовых щитов Антарктики и Гренландии включает изменение окраинных ледников. Поэтому окраинные ледники не включены в данные, приведенные для ледников.

¹⁰ Сокращение ледяного покрова на 100 Гт год⁻¹ приблизительно эквивалентно повышению уровня Мирового океана на 0,28 мм год⁻¹.

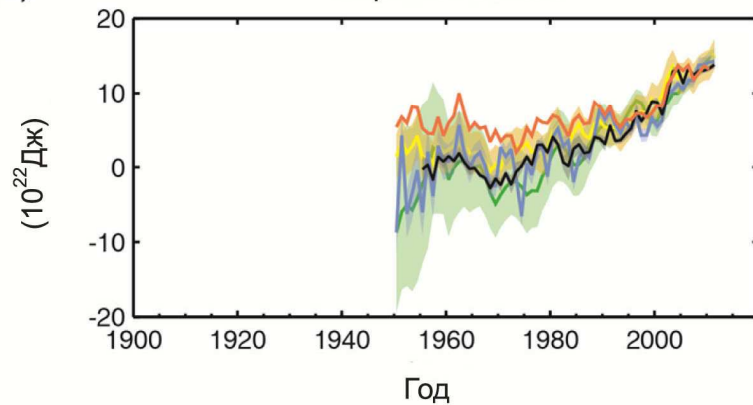
(a) Весенний снежный покров в Северном полушарии



(b) Площадь поверхности арктических морских льдов (летний минимум)



(c) Изменение среднего теплосодержания верхнего слоя Мирового океана



(d) Среднемировое изменение уровня океана

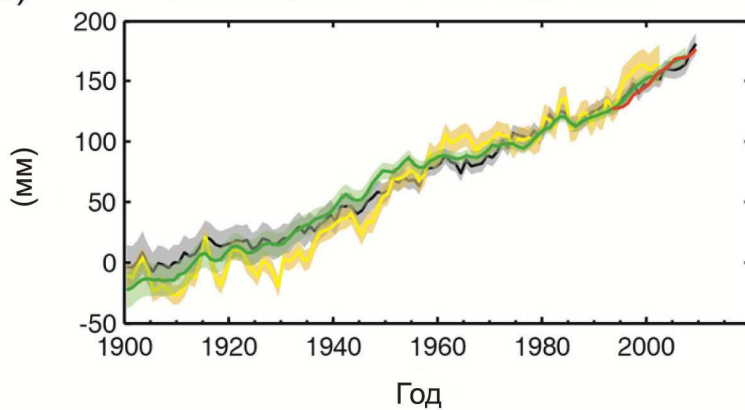


Рисунок SPM.3: Многочисленные наблюдаемые показатели глобального изменения климата: (а) среднее значение площади снежного покрова в северном полушарии в марте-апреле (весна), (b) среднее значение площади морского льда в Арктике в июле-августе-сентябре (лето), (с) изменение среднего показателя теплосодержания в верхнем слое Мирового океана (0-700 м), откалиброванного по данным за 2006-2010 гг. и по сравнению со средним значением по всем массивам данных за 1971 г., (d) средний уровень Мирового океана 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 TS.1}

- Среднегодовое значение площади морского льда в Арктике уменьшалось в 1979-2012 гг. темпами, которые, *очень вероятно*, находились в диапазоне 3,5-4,1% за каждые десять лет (0,45-0,51 млн км² за десять лет); а летний минимум площади морского льда, *очень вероятно*, сокращался на 9,4-13,6% каждые десять лет (многолетние морские льды). Среднее сокращение площади морского льда по десятилетиям особенно быстро происходило в летний период (*высокий уровень достоверности*); пространственная протяженность льда сокращалась во все сезоны и в каждом последующем десятилетии начиная с 1979 г. (*высокий уровень достоверности*) (см. Рисунок SPM.3). На основе восстановленных данных со *средней достоверностью* за последние три десятилетия летнее отступление морского льда в Арктике было беспрецедентным, и температура поверхностного морского слоя была аномально высокой за последние, по меньшей мере, 1450 лет. {4.2, 5.5}
- *Очень вероятно*, что среднегодовое значение площади антарктического морского льда увеличивалось со скоростью от 1,2 до 1,8% за десятилетие (от 0,13 до 0,20 млн км² за десятилетие) между 1979 г. и 2012 г. С *высокой достоверностью* имеются значительные региональные различия в этих среднегодовых темпах: площадь увеличивалась в одних регионах и сокращалась в других. {4.2}
- С *очень высокой достоверностью* площадь снежного покрова в Северном полушарии сократилась с середины XX-го века (см. Рисунок SPM.3). Площадь снежного покрова в Северном полушарии сокращалась на протяжении 1967-2012 гг. на 1,6 [от 0,8 до 2,4]% за десятилетие в марте и апреле и на 11,7 [от 8,8 до 14,6]% за десятилетие в июне. За этот период ни в одном месяце не отмечалось статистически значимого увеличения площади снежного покрова в северном полушарии. {4.5}
- С *высокой достоверностью* с начала 1980-х годов температура вечной мерзлоты повысилась в большинстве регионов. Наблюдаемое потепление достигало 3°C в некоторых районах Северной Аляски (с начала 1980-х до середины 2000-х годов) и 2°C в некоторых районах севера Европейской территории России (1971-2010 гг.). В последнем регионе на протяжении 1975-2005 гг. наблюдалось значительное уменьшение толщины слоя вечной мерзлоты и занятой ею площади (*средний уровень достоверности*). {4.7}
- Многочисленные научные данные свидетельствуют о весьма значительном потеплении в Арктике с середины XX-века. {Блок 5.1, 10.3}

В.4 Уровень океана

Повышение уровня океана с середины XIX-го века происходило быстрее, чем в среднем за два предыдущих тысячелетия (*высокий уровень достоверности*). На протяжении 1901-2010 гг. уровень Мирового океана поднялся на 0,19 [от 0,17 до 0,21] м (см. Рисунок SPM.3). {3.7, 5.6, 13.2}

- Косвенные данные и данные измерений уровня океана показывают, что в конце XIX-го – начале XX-го века произошел переход от относительно медленных средних темпов повышения, наблюдавшихся в последние два тысячелетия, к высоким (*высокий уровень достоверности*). Вероятно, что темп повышения уровня Мирового океана продолжал расти с начала XX-го века. {3.7, 5.6, 13.2}
- *Очень вероятно*, что средняя скорость повышения уровня Мирового океана составляла 1,7 [от 1,5 до 1,9] мм/год⁻¹ между 1901 и 2010 гг., 2,0 [от 1,7 до 2,3] мм/год⁻¹ между 1971 и 2010 гг. и 3,2 [от 2,8 до 3,6] мм/год⁻¹ между 1993 и 2010 гг. Данные с мареографов и спутниковых альтиметров подтверждают более высокие темпы повышения за последний период. *Вероятно*, что такие же высокие темпы наблюдались в 1920-1950 гг. {3.7}
- С начала 1970-х годов сокращение массы ледников и обусловленное потеплением тепловое расширение океана, вместе взятые, приблизительно на 75% объясняют наблюдаемое повышение уровня Мирового океана (*высокий уровень достоверности*). Повышение уровня Мирового океана на протяжении 1993-2010 гг. с *высокой достоверностью* обусловлено совокупностью наблюдаемых факторов: тепловое расширение океана вследствие потепления (1,1 [от 0,8 до 1,4] мм/год⁻¹), изменения ледников (0,76 [от 0,39 до 1,13] мм/год⁻¹), ледового щита Гренландии (0,33 [от 0,25 до 0,41] мм/год⁻¹), ледового щита Антарктики (0,27 [от 0,16 до 0,38] мм/год⁻¹) и запасов пресной воды (0,38 [от 0,26 до 0,49] мм/год⁻¹). Суммарное значение вклада этих факторов составляет 2,8 [от 2,3 до 3,4] мм/год⁻¹. {13.3}
- С *очень высокой достоверностью* максимальный уровень Мирового океана в последнем межледниковом периоде (от 129 000 до 116 000 лет назад) на протяжении нескольких тысяч лет был по меньшей мере на 5 м выше, чем сейчас, и с *высокой достоверностью* он превышал нынешний уровень не больше чем на 10 м. В последний межледниковый период ледовый щит Гренландии, *очень вероятно*, способствовал повышению уровня Мирового океана на 1,4-4,3 м, при этом дополнительному повышению со *средней достоверностью* способствовал ледовый щит Антарктики. Это изменение уровня океана произошло на фоне различных воздействий колебаний орбитальных характеристик Земли и с учетом того, что температура верхнего слоя в высоких широтах, усредненная за несколько тысяч лет, была по меньшей мере на 2°C выше, чем сейчас (*высокая степень достоверности*). {5.3, 5.6}

В.5 Углеродный и другие биогеохимические циклы

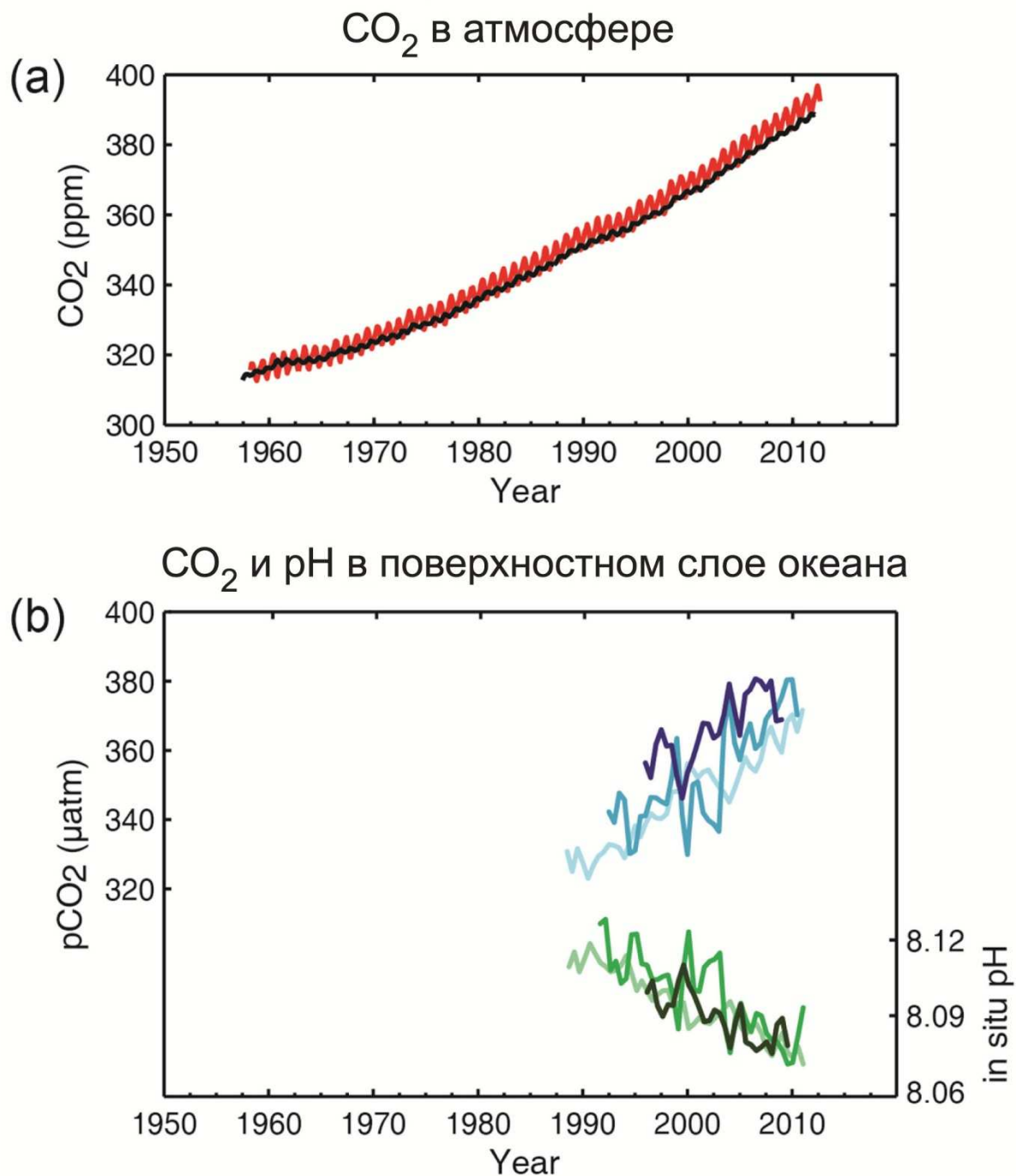
Концентрации диоксида углерода (CO_2), метана и оксидов азота в атмосфере выросли до беспрецедентных за последние, по крайней мере, 800 000 лет уровней. Концентрация CO_2 увеличилась на 40% с доиндустриального периода, главным образом за счет выбросов от сжигания топлива и, во вторую очередь, за счет выбросов от чистых изменений в землепользовании. На поглощение океаном приходится около 30% антропогенных выбросов диоксида углерода, что приводит к подкислению океана (см. Рисунок SPM.4). {2.2, 3.8, 5.2, 6.2, 6.3}

- Атмосферные концентрации парниковых газов: диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4) и оксида азота (N_2O) возросли с 1750 г. в результате человеческой деятельности. В 2011 г. концентрации этих парниковых газов составляли 391 ppm¹¹, 1803 ppb, 324 ppb и превышали доиндустриальные уровни приблизительно на 40%, 150% и 20%, соответственно. {2.2, 5.2, 6.1, 6.2}
- Концентрации CO_2 , CH_4 и N_2O в настоящее время значительно превышают наивысшие концентрации, обнаруживаемые в кернах льда за последние 800 000 лет. Средние темпы повышения атмосферных концентраций за последнее столетие с *очень высокой достоверностью* являются беспрецедентными за последние 22 000 лет. {5.2, 6.1, 6.2}
- В среднем за 2002-2011 гг. годовые выбросы CO_2 от сжигания топлива и при производстве цемента составляли 8,3 [от 7,6 до 9,0] ГтС¹² /год⁻¹ (*высокий уровень достоверности*) и равнялись 9,5 [от 8,7 до 10,3] ГтС /год⁻¹ в 2011 г., т.е. были на 54% выше уровня 1990 г. Чистая годовая эмиссия CO_2 от изменений в антропогенном землепользовании составляла в среднем 0,9 [от 0,1 до 1,7] ГтС /год⁻¹ на протяжении 2002-2011 гг. (*средний уровень достоверности*). {6.3}
- За период с 1750 г. по 2011 г. в результате выбросов CO_2 от сжигания топлива и при производстве цемента в атмосферу высвободилось 365 [от 335 до 395] ГтС, в то время как высвобождение углерода в результате обезлесивания и прочих изменений землепользования оценивается в 180 [от 100 до 260] ГтС. В результате совокупная антропогенная эмиссия составила 545 [от 460 до 630] ГтС. {6.3}
- Из этой совокупной антропогенной эмиссии CO_2 240 [от 230 до 250] ГтС накоплено в атмосфере, 155 [от 125 до 185] ГтС поглощено океаном и 150 [от 60 до 240] ГтС аккумулировано в природных экосистемах суши (ср. совокупное остаточное поглощение почвой). {Рисунок TS.4, 3.8, 6.3}

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

¹² 1 Гигатонна углерода = 1 ГтС = 10^{15} граммов углерода = 1 петаграмм углерода = 1 ПгС. Это соответствует 3,67 Гт CO_2 .

- Подкисление океана количественно характеризуется снижением pH¹³. С началом индустриальной эры pH поверхностного слоя океана снизился на 0,1 (*высокий уровень достоверности*), что соответствует повышению концентрации ионов водорода на 26% (см. Рисунок SPM.4). {3.8., Блок 3.2}



¹³ pH является мерой кислотности по логарифмической шкале: снижение pH на 1 единицу соответствует 10-кратному повышению концентрации ионов водорода, или кислотности.

Рисунок SPM.4: Многочисленные наблюдаемые показатели изменения глобального углеродного цикла: (а) атмосферная концентрация диоксида углерода (CO_2) с Мауна Лоа ($19^\circ 32'$ северной широты, $155^\circ 34'$ западной долготы – красный) и с Южного полюса ($89^\circ 59'$ северной широты, $24^\circ 48'$ западной долготы – черный) с 1958 г.; (б) частичное давление растворенного CO_2 на поверхности океана (синие кривые) и pH по месту нахождения (зеленые кривые), мера подкисления океанской воды. Измерения с трех станций в Атлантическом ($29^\circ 10'$ сев. широты, $15^\circ 30'$ зап. долготы – темно-синий/темно-зеленый; $31^\circ 40'$ сев. широты, $64^\circ 10'$ зап. долготы – синий/зеленый) и Тихом океанах ($22^\circ 45'$ сев. широты, $158^\circ 00'$ зап. долготы – голубой/светло-зеленый). Полная информация о массивах данных, показанных здесь, содержится в отчете, лежащем в основе данного РДП, и в Дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунки 2.1 и 3.18; Рисунок TS.5}

С. Факторы, влияющие на изменение климата

Факторы, влияющие на изменение климата, включают природные и антропогенные вещества и процессы, меняющие энергетический баланс Земли. Если не указано иное, радиационное воздействие¹⁴ (РВ) представляет в количественной форме изменение энергетических потоков, вызванное изменением этих факторов в 2011 г. по сравнению с 1750 г. Положительное значение РВ ведет к повышению температуры поверхности, отрицательное – к ее понижению. РВ оценивается на основе данных наблюдений, осуществляемых на месте и дистанционно, свойств парниковых газов и аэрозолей и расчетов с использованием численных моделей, описывающих наблюдаемые процессы. Некоторые выбрасываемые соединения оказывают влияние на концентрации других соединений в атмосфере. Информация по РВ может быть представлена на основе изменения концентрации каждого из веществ¹⁵. В качестве альтернативного варианта может использоваться РВ, основанное на совокупности эмиссий и лучше отражающее непосредственно эффект человеческой деятельности. Такое РВ включает вклад всех веществ, затронутых этими эмиссиями. Общее антропогенное РВ в обоих подходах идентично (при учете всех факторов эмиссий). Несмотря на то, что в данном Резюме используются оба подхода, предпочтение отдается РВ на основе совокупности эмиссий.

Суммарное радиационное воздействие положительное и привело к поглощению энергии климатической системой. Самый большой вклад в радиационное воздействие вносит повышение концентрации CO_2 в атмосфере с 1750 г. (см. Рисунок SPM.5). {3.2, Блок 3.1, 8.3, 8.5}

¹⁴ Степень влияния факторов количественно оценивается как *Радиационное Воздействие* (РВ) в ваттах на кв. м (Вт м^{-2}), как и в предыдущих оценках МГЭИК. РВ – это изменение энергетических потоков, вызванное каким-либо фактором, и рассчитывается в тропопause или в верхних слоях атмосферы. Традиционная концепция РВ, использовавшаяся в прежних докладах МГЭИК, подразумевает, что все поверхностные и тропосферные условия неизменны. В данном 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 данного РДП, 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 так характерно и считается незначительным, поэтому используется традиционное РВ. {8.1}

¹⁵ Этот подход использовался для представления информации о РВ в РДП по ОД4.

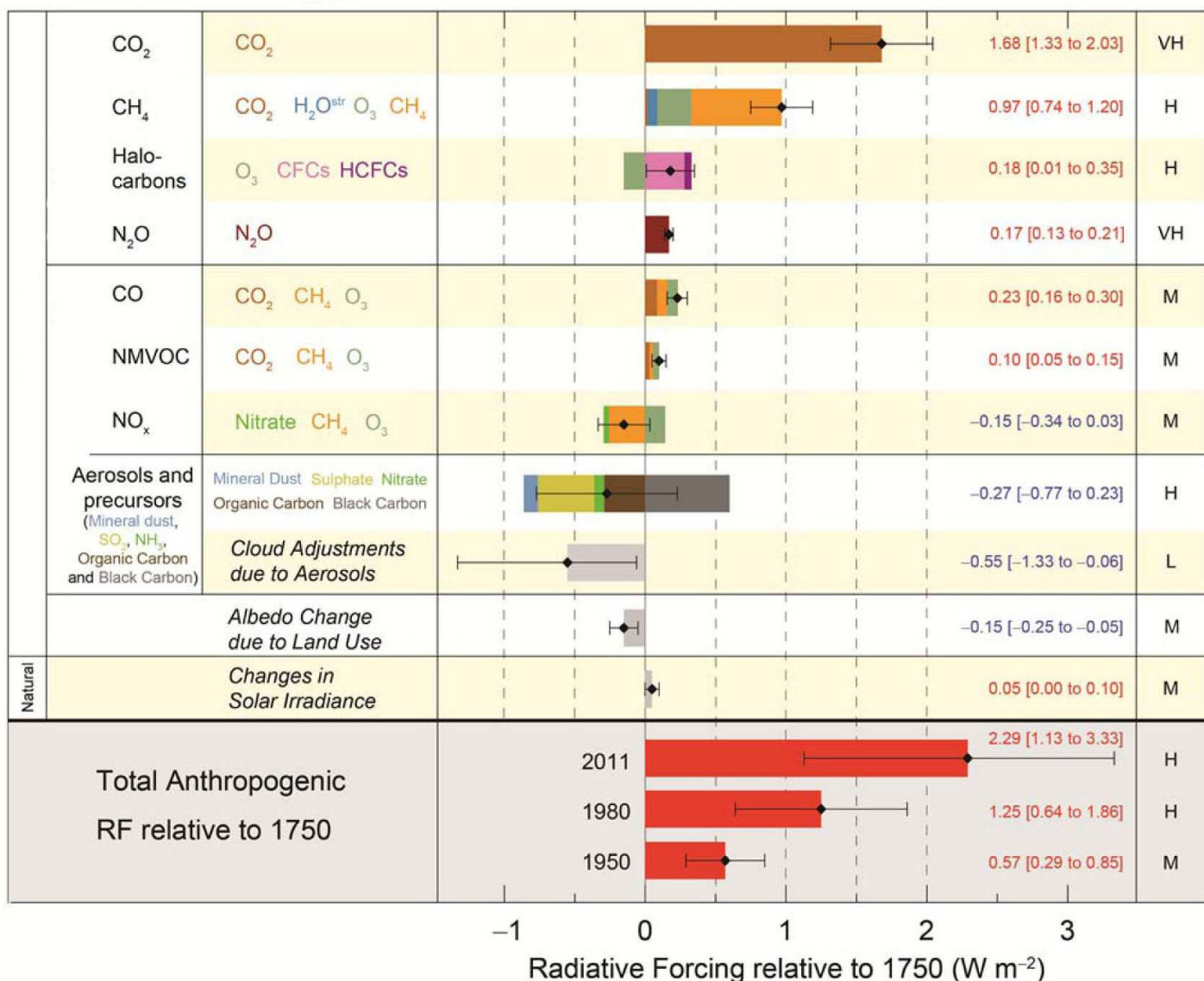


Рисунок SPM.5: Оценки радиационного воздействия в 2011 г. по сравнению с 1750 г. и агрегированные неопределенности основных факторов изменения климата. Значения показывают глобальное радиационное воздействие (РВ15) по выбрасываемым соединениям или процессам, что дает комбинацию факторов. Наилучшие оценки чистого радиационного воздействия показаны черными ромбами с соответствующими интервалами неопределенности; численные значения приведены справа от рисунка, вместе с уровнем достоверности чистого воздействия. Воздействие, обусловленное снижением альбедо из-за черного углерода, выпавшего на снег и лед, включен в «полоску» черного углерода и аэрозолей. Небольшие воздействия от конденсационного следа (0,05 Вт м⁻², включая порожденные им перистые облака) и ГФУ, ПФУ и гексафторуглерода (всего 0,03 Вт м⁻²) не показаны. РВ по газам с учетом их концентраций могут быть получены путем суммирования «полосок» одного цвета. Вулканическое воздействие не учитывается, поскольку в силу эпизодического характера его трудно сравнивать с другими воздействиями. Значения совокупного антропогенного радиационного воздействия приводятся за три разных года по сравнению 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 TS.6 и TS.7}

	Выбрасываемые соединения		Результирующие атмосферные факторы	Радиационное воздействие по выбросам и факторам	Уровень достоверности	
Антропогенные	Идеально перемешанные парниковые газы	CO2			Очень высокий	
		CH4			Высокий	
		Галогено-углеводороды			Высокий	
		N2O			Очень высокий	
	Короткоживущие газы и аэрозоли	CO			Средний	
		NMVOC			Средний	
		Оксиды азота			Средний	
		Аэрозоли и исходные продукты (минеральная пыль, SO2, NH3, органический углерод и черный углерод)	Минеральная пыль, сульфаты, нитраты, органический углерод и черный углерод			Высокий
			Воздействие аэрозолей на облака			
			Изменение альбедо в результате землепользования		Низкий	
			Изменение солнечной радиации		Средний	
Естественные					Средний	
Совокупное антропогенное радиационное воздействие по сравнению с 1750 г. (Вт/м ²)					Высокий	
					Высокий	
					Средний	
Радиационное воздействие по сравнению с 1750 г. (Вт/м ²)						

- Отношение значения совокупного антропогенного РВ за 2011 г. к значению за 1750 г. равно 2,29 [от 1,13 до 3,33] Вт м⁻² (см. Рисунок SPM.5), и с 1970 г. оно росло быстрее, чем в предыдущие десятилетия. Наилучшая оценка совокупного антропогенного РВ за 2011 г. на 43% выше, чем оценка ОД4 за 2005 г. Это объясняется сочетанием продолжающегося роста концентраций большинства парниковых газов и совершенствованием оценок радиационного воздействия от аэрозолей, которые показывают более слабый чистый охлаждающий эффект (отрицательное РВ). {8.5}
- Отношение значения РВ от выбросов идеально перемешанных парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O и галогеноуглеводородов) за 2011 г. к значению за 1750 г. равно 3,00 [2,22 к 3,78] Вт м⁻² (см. Рисунок SPM.5). РВ от изменений концентраций этих газов равен 2,83 [от 2,26 до 3,40] Вт м⁻². {8.5}
- РВ только от выбросов CO₂ равно 1,68 [от 1,33 до 2,03] Вт м⁻² (см. Рисунок SPM.5). С учетом эмиссии других углеродсодержащих газов, которые тоже внесли свой вклад в повышение концентраций CO₂, РВ от CO₂ составляет 1,82 [от 1,46 до 2,18] Вт м⁻². {8.3, 8.5}
- РВ только от выбросов CH₄ равно 0,97 [от 0,74 до 1,20] Вт м⁻² (см. Рисунок SPM.5). Это намного больше, чем оценка, сделанная на основе концентрации и составляющая 0,48 [от 0,38 до 0,58] Вт м⁻² (не менявшаяся после ОД4). Такое различие в оценках объясняется изменением концентрации озона и водяного пара в стратосфере вследствие выбросов CH₄ и прочих выбросов, косвенно влияющих на CH₄. {8.3, 8.5}
- Чистое положительное РВ от выбросов галогеноуглеводородов, разрушающих озон стратосферы, равно 0,18 [от 0,01 до 0,35] Вт м⁻² (см. Рисунок SPM.5). Их собственное положительное РВ перевешивает отрицательное РВ вызываемого ими истощения озонового слоя. Положительное значение РВ от всех галогеноуглеводородов равно значению, приведенному в ОД4, с учетом снижения РВ от хлорфторуглеродов, но повышения от множества их заменителей. {8.3, 8.5}
- Выбросы короткоживущих газов вносят свой вклад в совокупное антропогенное РВ. Выбросы монооксида углерода, *практически определено*, имеют положительное РВ, в то время как выбросы оксидов азота (NO_x), *вероятно*, имеют отрицательное РВ (см. Рисунок SPM.5). {8.3, 8.5}
- РВ от суммарного аэрозольного эффекта в атмосфере, включающего воздействие аэрозолей на облака, равен -0,9 [от -1,9 до -0,1] Вт м⁻² (*средний уровень достоверности*) и является следствием отрицательного воздействия большинства аэрозолей и положительного вклада поглощения солнечной радиации черным углеродом. С *высокой достоверностью* аэрозоли и их взаимодействие с облаками в значительной мере нивелируют среднее воздействие идеально перемешанных парниковых газов в мире. Они продолжают вносить самую большую неопределенность в совокупную оценку РВ. {7.5, 8.3, 8.5}
- Воздействие стратосферных вулканических аэрозолей может оказывать значительный эффект на климат в течение ряда лет после вулканических извержений. В 2008-2011 гг. РВ от нескольких небольших извержений было равно -0,11 [от -0,15 до -0,08] Вт м⁻², что приблизительно вдвое больше, чем в 1999-2002 гг. {8.4}

- РВ от изменений в потоке солнечного излучения оценивается в 0,05 [от 0,00 до 0,10] Вт м⁻². Наблюдения со спутников за совокупными изменениями потока солнечного излучения с 1978 г. по 2011 г. показывают, что последний минимум был ниже двух предыдущих. В результате, РВ за период между последним минимумом в 2008 г. и минимумом 1986 г. составило –0,04 [от –0,08 до 0,00] Вт м⁻². {8.4}
- Совокупное естественное РВ от изменений в потоке солнечного излучения и стратосферных вулканических аэрозолей внесло лишь небольшой вклад в чистое радиационное воздействие за последние сто лет, за исключением коротких периодов после крупных извержений вулканов. {8.5}

D. Понимание климатической системы и ее недавних изменений

Понимание недавних изменений климатической системы основывается на сочетании наблюдений, изучения обратных связей в климатической системе 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, которые используются в расчетах. Более подробные и продолжительные, по сравнению с ОД4, наблюдения и усовершенствованные климатические модели теперь позволяют обнаруживать антропогенное влияние в наблюдаемых изменениях в большем числе компонентов климатической системы.

Влияние человека на климатическую систему не подлежит сомнению. Оно очевидно в свете роста концентраций парниковых газов в атмосфере, положительного радиационного воздействия, наблюдаемого потепления и общего понимания климатической системы. {2-14}

D.1 Оценка климатических моделей

За время, прошедшее после ОД4, климатические модели усовершенствовались. Модели в масштабах континентов воспроизводят наблюдаемые в течение многих десятилетий тренды и структуру изменений приземной температуры, в том числе более быстрое потепление, отмечаемое с середины XX-го века, и похолодания, немедленно следующее за крупными извержениями вулканов (*очень высокий уровень достоверности*). {9.4, 9.6, 9.8}

- Долгосрочные расчеты по климатическим моделям показывают тренд средней глобальной приземной температуры в 1951-2012 гг., совпадающий с данными наблюдений (*очень высокий уровень достоверности*). Однако на коротких интервалах (от 10 до 15 лет) отмечаются различия между модельными и наблюдаемыми трендами (например, с 1998 г. по 2012 г.). {9.4, Блок 9.2}
- Наблюдаемое в 1998-2012 гг. ослабление тренда повышения приземной температуры по сравнению с периодом 1951-2012 гг. примерно в равной мере обусловлено ослаблением тренда радиационного воздействия и охлаждением в силу внутренней изменчивости, включая возможное перераспределение тепла в океане (*средний уровень достоверности*). Ослабление тренда радиационного воздействия объясняется главным образом извержениями вулканов и нисходящей фазой 11-летнего солнечного цикла. Однако количественная оценка роли, которую играют изменения радиационного воздействия в ослаблении тренда потепления, характеризуется *низким уровнем достоверности*. Со *средней достоверностью* внутренняя десятилетняя изменчивость в значительной мере приводит к различиям, отмечаемым между наблюдениями и модельными расчетами, которые не предназначены для воспроизведения временных характеристик внутренней изменчивости. В различия также могут вносить вклад несоответствия во внешних воздействиях, а в некоторых моделях – переоценка реакции на рост концентрации парниковых газов и другие антропогенные воздействия (при главенствующем влиянии аэрозолей). {9.4, Блок 9.2, 10.3, Блок 10.2, 11.3}
- Уверенность в способности моделей воспроизводить приземную температуру на региональном уровне ниже, чем в более крупном масштабе. Однако с *высокой достоверностью* результаты моделирования региональной приземной температуры сейчас лучше, чем во времена ОД4. {9.4, 9.6}
- За время, прошедшее с ОД4, достигнут значительный прогресс в оценке экстремальных погодных и климатических явлений. Результаты моделирования средних глобальных трендов частоты экстремально жарких и экстремально холодных дней и ночей во второй половине XX-го века, как правило, совпадают с данными наблюдений. {9.5}
- За время, прошедшее с ОД4, было усовершенствовано моделирование осадков в масштабах континентов. На региональном уровне моделирование осадков не является столь же успешным, и оцениванию мешают неопределенности в данных наблюдений. {9.4, 9.6}

- Модели теперь лучше воспроизводят ряд важных климатических явлений. С *высокой достоверностью* качество статистики по муссонам и явлению Эль Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) повысилось за время, прошедшее с ОД4. {9.5}
- Теперь климатические модели включают больше процессов, связанных с облаками и аэрозолями, а также с их взаимодействием, чем во время ОД4, однако *достоверность представления* и количественных характеристиках этих процессов в моделях остается *низкой*. {7.3, 7.6, 9.4, 9.7}
- Существуют надежные свидетельства того, что теперь большее количество моделей воспроизводят нисходящий тренд площади летнего морского льда в Арктике с 1979 г., чем во время ОД4; причем около четверти моделей показывают такой 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 небольшим восходящим трендом, демонстрируемым данными наблюдений. {9.4}
- Многие модели воспроизводят данные наблюдений об изменении теплосодержания верхних слоев океана (0-700 м) с 1961 г. по 2005 г. (*высокий уровень достоверности*), причем на протяжении большей части этого периода средние по ансамблю моделей оценки попадают в диапазон оценок, основанных на наблюдениях. {9.4}
- Климатические модели, включающие углеродный цикл (модели Земной системы), воспроизводят глобальную структуру потоков CO₂ между океаном и атмосферой с выделением CO₂ в тропиках и поглощением в средних и высоких широтах. В большинстве этих моделей масштабы глобальных стоков углерода в почву и океан за последнюю часть XX-го века находятся в диапазоне оценок, основанных на наблюдениях. {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 вместе дают уверенность в отношении масштабов глобального потепления, являющегося реакцией на прошлые и будущие воздействия. {Блок 12.2, Блок 13.1}

- Общее обратное воздействие от суммарного эффекта, производимого изменениями водяного пара и различиями между атмосферным и приповерхностным потеплением, *чрезвычайно вероятно*, является положительным и потому усугубляет изменение климата. Общей радиационный отклик, обусловленный всеми типами облаков, *вероятно*, положителен. 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, *вероятно*, находится в диапазоне 1,5–4,5°C (*высокий уровень достоверности*); *совершенно невероятно*, что она менее 1°C (*высокий уровень достоверности*), и *очень вероятно*, что она не превосходит 6°C (*средний уровень достоверности*)¹⁶. Таким образом, нижняя граница оцениваемого вероятного диапазона температур ниже, чем 2°C в ОД4, но верхняя граница такая же. Эта оценка является результатом более четкого понимания, более продолжительных наблюдений за температурой атмосферы и океана и новых оценок радиационного воздействия. {TFE6.1, Рисунок 1; Блок 12.2}

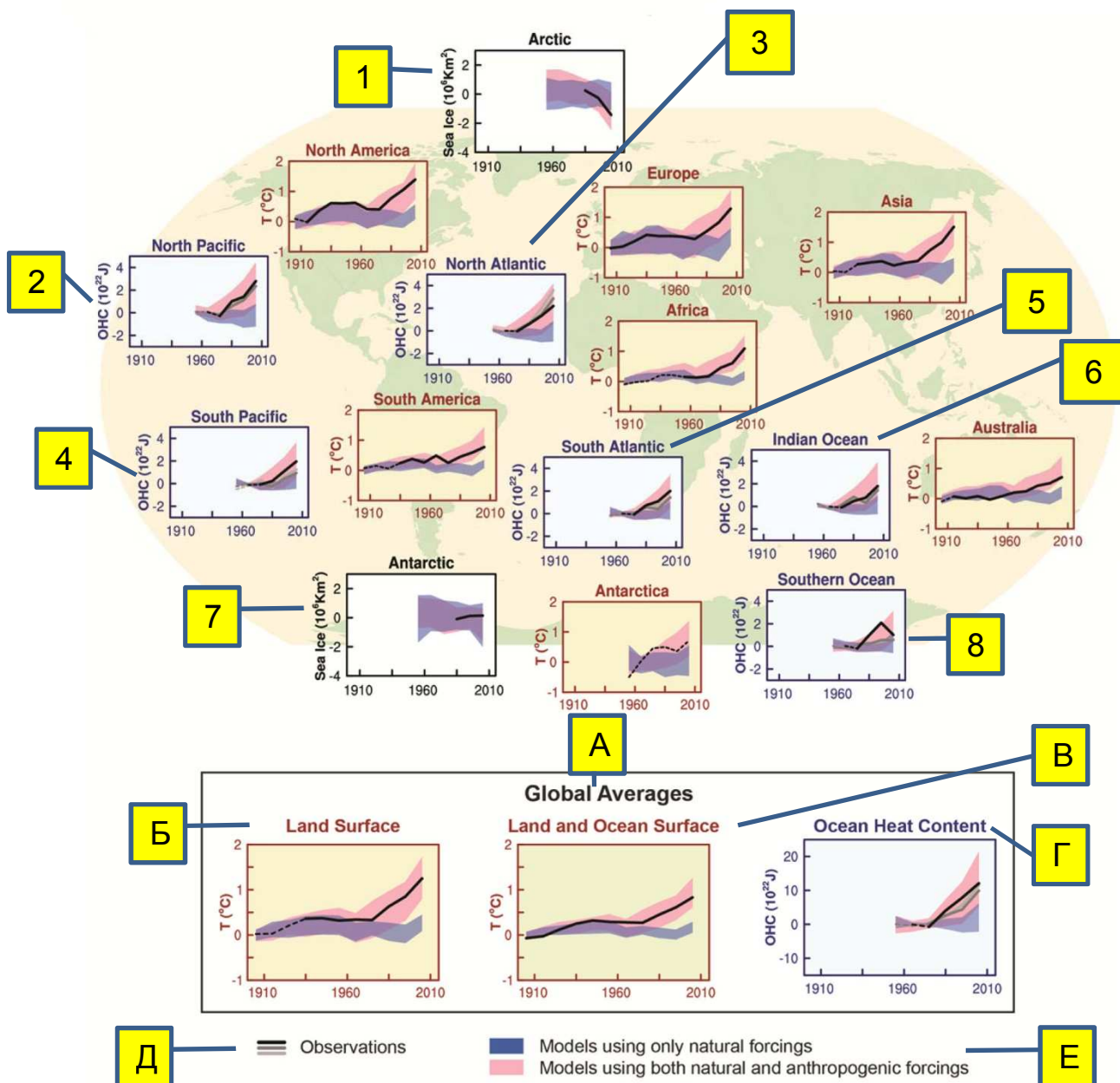
- Скорость и масштабы глобального изменения климата обуславливаются радиационным воздействием, климатическими обратными связями и накоплением энергии климатической системой. Количественные оценки этих факторов за последние десятилетия соответствуют оценкам *вероятного* диапазона равновесной чувствительности климата с учетом оценок неопределенностей, что является веским подтверждением правильности нашего понимания процесса антропогенного изменения климата. {Блок 12.2, Блок 13.1}
- Переходная реакция климата дает количественную характеристику ответа климатической системы на усиливающееся радиационное воздействие 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, *вероятно*, находится в диапазоне 1,0–2,5°C (*высокий уровень достоверности*) и, *чрезвычайно вероятно*, не превышает 3°C. {Блок 12.2}
- Близкая количественная характеристика – переходная реакция климата на совокупные выбросы углерода (TCRE). Она представляет в количественном виде переходную реакцию климатической системы на суммарные выбросы углерода (см. Раздел Е.8). TCRE определяется как изменение средней глобальной приземной температуры на 1000 ГтС, выброшенных в атмосферу. TCRE, *вероятно*, находится в диапазоне 0,8–2,5°C на 1000 ГтС и применима к совокупным выбросам до примерно 2000 ГтС, пока не будет достигнут пик температур (см. Рисунок SPM.9). {12.5, Блок 12.2}
- Для сравнения вкладов выбросов различных веществ в изменение климата могут использоваться разные метрики (системы показателей). Наиболее подходящие метрики и временной интервал определяются тем, 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}

¹⁶ В настоящее время невозможно дать наилучшую оценку равновесной чувствительности климата из-за отсутствия согласия в отношении оцениваемых данных и данных исследований.

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 уровня Мирового океана и на некоторые экстремальные климатические явления (Рисунок SPM.6 и Таблица SPM.1). За время, прошедшее после ОД4, свидетельства влияния человека стали более весомыми. *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 антропогенным повышением 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°C, в то время как вклад прочих антропогенных факторов, включая охлаждающий эффект аэрозолей, *вероятно*, попадает в диапазон -0,6-0,1°C. Вклад естественных факторов, *вероятно*, составляет -0,1-0,1°C, а на долю внутренней изменчивости, *вероятно*, приходится -0,1-0,1°C. Все вместе эти оценки роли каждого фактора соответствуют наблюдаемому потеплению (приблизительно на 0,6-0,7°C за этот период). {10.3}
- В каждом континентальном регионе, кроме Антарктики, антропогенные воздействия, *вероятно*, внесли значительный вклад в повышение приземных температур с середины XX-го века (см. Рисунок SPM.6). В отношении Антарктики большие неопределенности, связанные с данными наблюдений, приводят к *низкому уровню достоверности* того, что антропогенные воздействия внесли вклад в наблюдаемое потепление, усредненное по имеющимся станциям. Вероятно, антропогенное воздействие оказало влияние на весьма значительное потепление в Арктике с середины XX-го века. {2.4, 10.3}
- *Очень 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}
- *Очень вероятно*, что антропогенные воздействия внесли существенный вклад в повышение теплосодержания верхнего слоя Мирового океана (0-700 м), наблюдаемое с 1970-х годов (см. Рисунок SPM.6). Имеются доказательства антропогенного влияния в отдельных океанических бассейнах. {3.2, 10.4}



Верхняя часть рисунка:

- 1 - Арктика – площадь морских льдов (10^6 млн км²)
- 2 - Северный Тихий океан – теплосодержание океана (10^{22} Дж)
- 3 - Северная Атлантика – теплосодержание океана (10^{22} Дж)
- 4 - Южный Тихий океан
- 5 - Южная Атлантика – теплосодержание океана (10^{22} Дж)
- 6 - Индийский океан – теплосодержание океана (10^{22} Дж)
- 7 - Антарктика – площадь морских льдов (10^6 млн км²)
- 8 - Южный океан – теплосодержание океана (10^{22} Дж)

Нижняя часть рисунка:

А - Среднемировые значения

По горизонтали:

Б - Площадь суши

В - Площадь суши и океана

Г - Теплосодержание океана

По вертикали:

Т (°C)

Т (°C)

Теплосодержание океана (10^{22} Дж)

Под рисунком:

Д - Данные наблюдений

Е - Модели, учитывающие только природные воздействия

Модели, учитывающие природные и антропогенные воздействия

Рисунок SPM.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 океанических бассейнах (голубые прямоугольники). Также приведены средние глобальные значения изменений. Аномалии даны 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. Приведенные результаты моделирования представляют собой диапазоны разброса по мультимодельному ансамблю расчетов, выполненных в рамках 5 фазы Международного проекта сравнения совместных моделей (CMIP5), 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 TS.12}

- *Вероятно*, с 1960 г. антропогенное воздействие оказало влияние на глобальный гидрологический цикл. Антропогенное воздействие внесло свой вклад в наблюдаемое повышение содержания влаги в атмосфере (*средний уровень достоверности*), глобальное изменение режима осадков над сушей (*средний уровень достоверности*), интенсификацию сильных осадков над районами суши, по которым имеется достаточно данных (*средний уровень достоверности*), и изменение солёности поверхностного и подповерхностного слоев океана (*очень вероятно*). {2.5, 2.6, 3.3, 7.6, 10.3, 10.4}
- За время, прошедшее после SREX, данные, свидетельствующие об антропогенном влиянии на экстремальные температурные явления, становились все более убедительными. Теперь *очень вероятно*, что влияние человека внесло вклад в наблюдаемые с середины XX-го века глобальные изменения частоты наступления и интенсивности суточных экстремальных температурных явлений, и *вероятно*, что влияние человека более чем удвоило вероятность возникновения волн жары в некоторых регионах (см. Таблицу SPM.1). {10.6}
- *Очень вероятно*, что антропогенное влияние внесло вклад в уменьшение площади морского льда в Арктике с 1979 г. *Уровень достоверности* научного понимания наблюдаемого небольшого увеличения площади антарктического морского льда *низок*, что обусловлено неполными и конкурирующими объяснениями причин изменений и низкой достоверностью оценок внутренней изменчивости в этом регионе (см. Рисунок SPM.6). {10.5}
- Антропогенные воздействия, *вероятно*, внесли вклад в отступление ледников с 1960 г. и в ускоренное сокращение ледового щита Гренландии с 1993 г. Из-за низкого уровня научного понимания *уровень достоверности* объяснения причин наблюдаемого в последние два десятилетия сокращения ледового щита Антарктики *низок*. {4.3, 10.5}
- *Вероятно*, имело место антропогенное влияние на наблюдаемое с 1970 г. сокращение весеннего снежного покрова в Северном полушарии. {10.5}
- *Очень вероятно*, антропогенные воздействия внесли значительный вклад в повышение уровня Мирового океана с 1970-х годов. Этот вывод основан на *высокой достоверности* роли антропогенного влияния на два основных фактора повышения уровня океана, а именно: тепловое расширение и сокращение площади ледников. {10.4, 10.5, 13.3}
- С *высоким уровнем достоверности* изменение суммарной солнечной радиации не оказало влияния на повышение средней глобальной приземной температуры в течение 1986-2008 гг., что основывается на прямых спутниковых измерениях суммарной солнечной радиации. Со *средним уровнем достоверности* 11-летний солнечный цикл в некоторых регионах оказал влияние на десятилетние климатические колебания. Не было выявлено надежной взаимосвязи между изменениями космических лучей и облачным покровом. {7.4, 10.3, Блок 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 Земной системы. Эти модели рассчитывают изменения на основе набора сценариев антропогенных воздействий. Для новых климатических расчетов, выполненных в рамках 5-й фазы Международного проекта сравнения климатических моделей Всемирной программы исследования климата, использовался новый набор сценариев, Репрезентативных траекторий концентраций ПГ (РТК). Во всех РТК в 2100 г. атмосферные концентрации CO_2 выше, чем в настоящее время, из-за продолжающегося в XXI-м веке увеличения совокупной эмиссии CO_2 в атмосферу (см. Блок SPM.1). Если не указано иное, в этом Резюме для лиц, принимающих решения, прогнозы даны на конец XXI-го века (2081-2100 гг.) по сравнению с 1986-2005 гг. Для того чтобы поместить эти прогнозы в исторический контекст, необходимо рассмотреть наблюдаемые изменения между различными периодами. На основе глобального архива данных с самым продолжительным периодом наблюдений за приземной температурой изменение между средним значением за период 1850-1900 гг. и базовым периодом ОД5 составляет 0,61 [от 0,55 до 0,67]°C. Однако потепление превзошло среднее значение за базовый период ОД5. Поэтому указанная оценка не является оценкой величины исторического потепления к настоящему времени (см. Главу 2).

Вставка SPM.1: Репрезентативные траектории концентраций ПГ (РТК)

Для прогнозирования изменения климата РГІ требуется информация о будущих выбросах или концентрациях парниковых газов, аэрозолей и других климатических факторах. Эта информация часто бывает представлена в виде сценария человеческой деятельности, которая не оценивается в данном докладе. Сценарии РГІ МГЭИК сконцентрированы на антропогенных выбросах и не включают изменения природных факторов, таких как солнечное или вулканическое воздействие, и естественные выбросы, например, CH_4 и N_2O .

Для Пятого оценочного доклада МГЭИК научное сообщество определило набор из четырех новых сценариев, названных Репрезентативными траекториями концентраций ПГ (РТК, см. Глоссарий). Они определяются приблизительной суммарной величиной радиационного воздействия в 2100 г. по сравнению с 1750 г.: 2,6 Вт м^{-2} по сценарию РТК2.6, 4,5 Вт м^{-2} по сценарию РТК4.5, 6,0 Вт м^{-2} по сценарию РТК6.0 и 8,5 Вт м^{-2} по сценарию РТК8.5. В отношении результатов Фазы 5 Проекта сравнения совместных моделей (CMIP5) эти значения следует рассматривать лишь как примерные, поскольку результирующее климатическое воздействие с учетом всех факторов меняется в зависимости от модели вследствие специфических особенностей моделей и учета короткоживущих климатических факторов. Эти четыре сценария РТК включают один сценарий сокращения выбросов, который предполагает очень низкий уровень воздействия (РТК2.6), два стабилизационных сценария (РТК4.5 и РТК6) и один сценарий с очень высокими уровнями выбросов парниковых газов (РТК8.5). Таким образом, РТК представляют диапазон климатической политики XXI-го века по сравнению с ее отсутствием в Специальном докладе о сценариях выбросов (SRES), который использовался в Третьем и Четвертом оценочных докладах. В сценариях РТК6.0 и РТК8.5 радиационное воздействие не достигает максимума к 2100 г.; в сценарии РТК2.6 оно достигает максимума и затем снижается; а в сценарии РТК4.5 оно стабилизируется к 2100 г. Каждый сценарий РТК дает данные с высоким пространственным разрешением по изменению землепользования и выбросам в атмосферу загрязняющих веществ по секторам экономики и определяет годовые концентрации парниковых газов и антропогенных выбросов до 2100 г. Сценарии РТК основаны на комбинации комплексных оценочных моделей, простых климатических моделей и моделей химии атмосферы и глобального углеродного цикла. Сценарии РТК охватывают широкий диапазон значений суммарных воздействий, но они не включают весь спектр выбросов, описанных в литературе, особенно по аэрозолям.

Большинство расчетов CMIP5 и моделей Земной системы (M3C) выполнено с заданными уровнями концентраций CO_2 к концу 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 эквивалентные концентрации CO_2 составляют 475 ppm (РТК2.6), 630 ppm (РТК4.5), 800 ppm (РТК6.0) и 1313 ppm (РТК8.5). В сценарии РТК8.5 выполняются дополнительные расчеты по моделям CMIP5 и M3C с уровнями выбросов CO_2 , заданными в соответствии с результатами, полученными по комплексным оценочным моделям. Для всех сценариев РТК проводились дополнительные расчеты с использованием новых данных по химии атмосферы и моделей (в том числе компонента CMIP5 по Химии атмосферы и климату), а также заданных в РТК значений выбросов химически активных газов (CH_4 , N_2O , ГФУ, оксидов азота, СО, NMVOC). Эти расчеты позволяют оценить неопределенности, связанные с обратными связями в углеродном цикле и химии атмосферы.

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. {Главы 6, 11, 12, 13, 14}

- Прогнозы на следующие несколько десятилетий демонстрируют пространственную картину изменений климата, аналогичную прогнозу на конец XXI-го века, но с более низкими значениями. Внутренняя изменчивость по-прежнему будет главным фактором, оказывающим влияние на климат, особенно в краткосрочной перспективе и на региональном уровне. К середине XX-го века значения прогнозируемых изменений будут в большой степени зависеть от выбора сценария эмиссии (Блок SPM.1). {11.3, Блок 11.1, Приложение I}
- Прогноз изменения климата на основе РТК сходен с прогнозом ОД4 как по характеру, так и по величине (с учетом различий между сценариями). Суммарный диапазон отклонений между прогнозами с высокими РТК уже, чем между сравнимыми сценариями в ОД4, поскольку, в отличие от сценариев выбросов SRES, используемых в ОД4, РТК в ОД5 определяются как траектории концентраций, и поэтому неопределенности углеродного цикла, оказывающие влияние на концентрацию CO₂ в атмосфере, не учитываются в моделировании в рамках CMIP5, основанном на концентрациях. Прогнозы повышения уровня Мирового океана выше, чем в ОД4, главным образом благодаря усовершенствованному моделированию вклада материкового льда. {11.3, 12.3, 12.4, 13.4, 13.5}

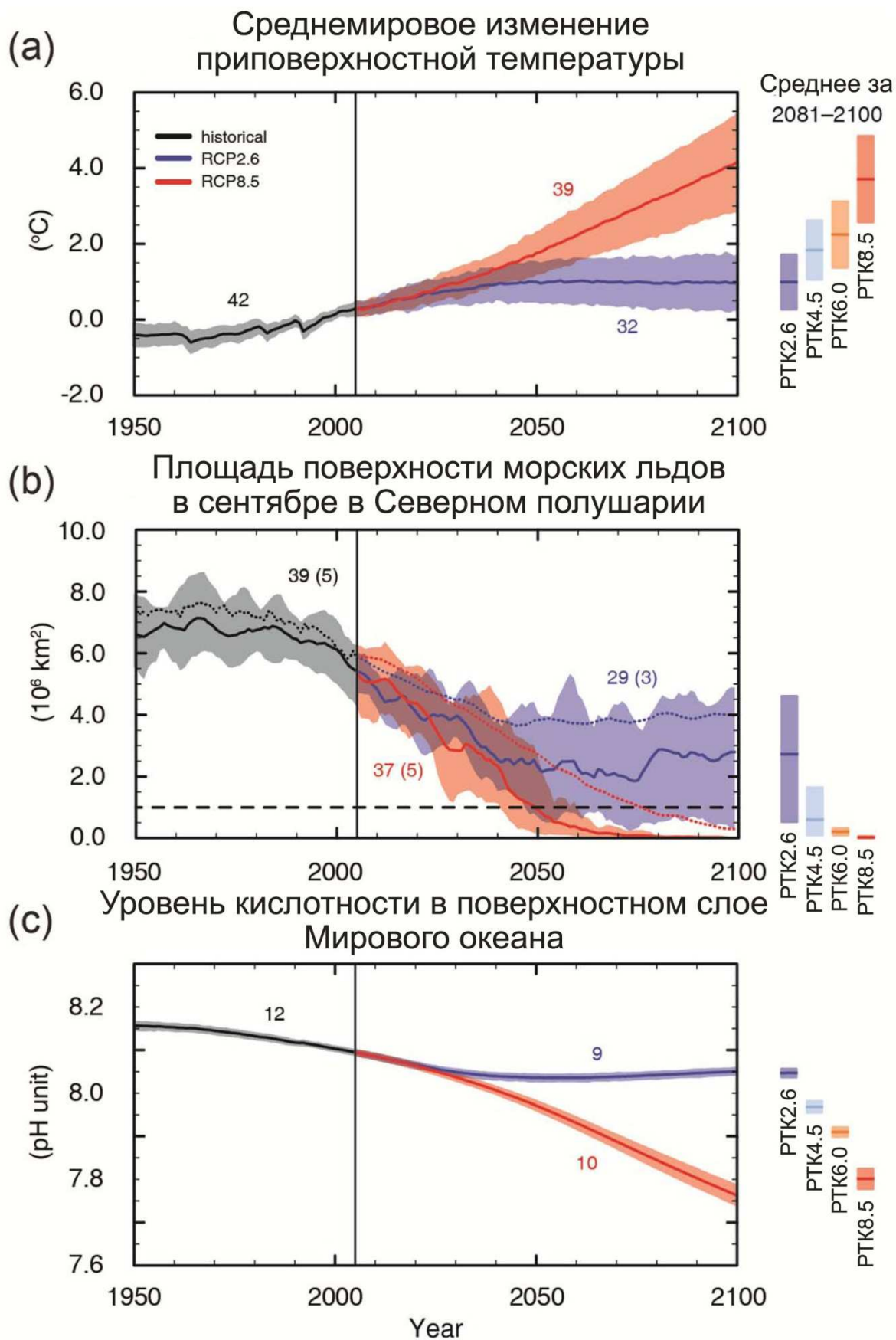
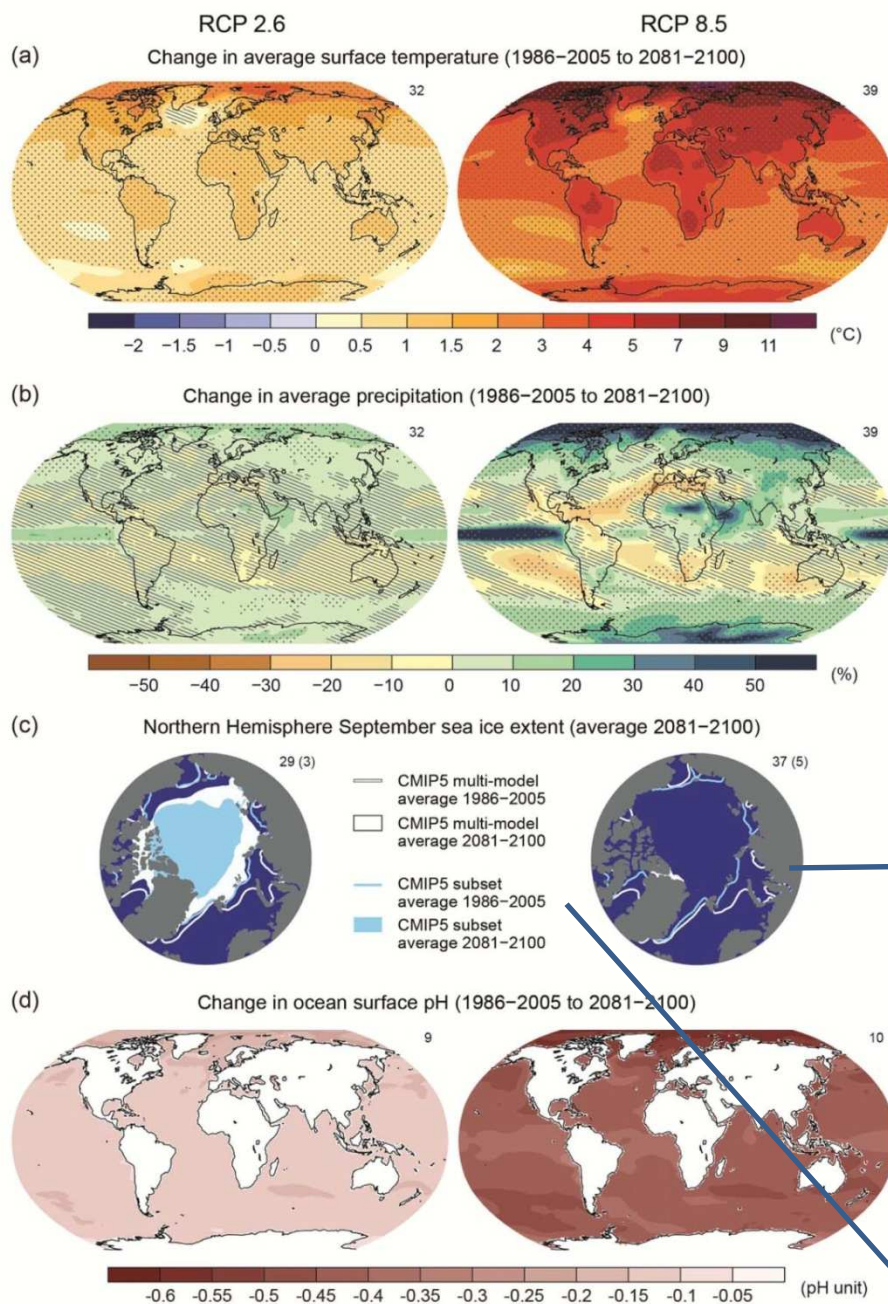


Рисунок SPM.7: Результаты расчетов по моделям CMIP5 временных рядов с 1950 по 2100 гг. (а) изменений среднегодовой глобальной приземной температуры по сравнению с 1986-2005 гг. (другие базовые периоды см. в Таблице SPM.2), (b) площади морского льда в сентябре в Северном полушарии (5-летнее скользящее среднее) и (c) средней глобальной величины pH на поверхности океана. Временные ряды прогнозов и мера неопределенности (затенение) показаны для сценариев RTK2.6 (синий) и RTK8.5 (красный). 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 в виде цветных вертикальных столбиков для всех сценариев РТК. Указано количество моделей CMIP5, использованных для расчета средних значений по мультимодельному ансамблю. Для площади морского льда (b) указаны прогнозируемое среднее значение и неопределенность (диапазон минимальных и максимальных значений) подгруппы моделей, наиболее точно воспроизводящих климатическое среднее состояние и тренд площади морского льда в Арктике в 1979-2012 гг. (количество моделей указано в скобках). Для полноты картины среднее значение по всему ансамблю моделей CMIP5 также показано точечным пунктиром. Обычный пунктир означает практическое отсутствие льдов (т.е. площадь морского льда составляет менее 106 км₂ на протяжении по крайней 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 TS.15, TS.17 и TS.20}

Figure SPM.8 [FIGURE SUBJECT TO FINAL COPYEDIT]



Изменение
средней
приземной
температуры в
1986–2005 гг. по
сравнению с
2081–2100 гг.

Изменение
количества
осадков в 1986–
2005 гг. по
сравнению с
2081–2100 гг.

Площадь
поверхности
морских льдов
в сентябре в
Северном
полушарии (среднее
значение в 2081–
2100 гг.)

Изменение уровня кислотности
на поверхности океана в 1986–2005 гг.
по сравнению с 2081–2100 гг.

- среднее значение по разным моделям CMIP5 за 1986–2005 гг.
- среднее значение по разным моделям CMIP5 за 2081–2100 гг.
- среднее значение по ряду параметров CMIP5 за 1986–2005 гг.
- среднее значение по ряду параметров CMIP5 за 2081–2100 гг.

Рисунок SPM.8: Карты средних значений, полученных по моделям CMIP5 по сценариям RTK2.6 и RTK8.5 для 2081-2100 гг., (a) среднегодового изменения приземной температуры, (b) среднего процента изменений среднегодового количества осадков, (c) площади морского льда в сентябре в Северном полушарии и (d) изменения pH на поверхности океана. Изменения в частях (a), (b) и (d) показаны по сравнению с 1986-2005 гг. Количество моделей CMIP5, использованных для расчета среднего по модельному ансамблю значения, указано в правом верхнем углу каждой части. В частях (a) и (b) штриховкой обозначены регионы, для которых среднее модельное значение мало по сравнению с внутренней изменчивостью (т.е. менее одного стандартного отклонения внутренней изменчивости 20-летних средних). Точечной штриховкой обозначены регионы, в которых среднее модельное значение велико по сравнению с внутренней изменчивостью (т.е. более двух стандартных отклонений внутренней изменчивости 20-летних средних) и по которым среди 90% моделей есть согласие в отношении знака изменений (см. Блок 12.1). В части (c) линиями обозначены полученные по моделям средние значения за 1986-2005 гг.; закрашенные области относятся к концу столетия. Среднее значение по ансамблю моделей CMIP5 показано белым цветом; прогнозируемое среднее значение площади поверхности морских льдов по подгруппе моделей (количество моделей указано в скобках), наиболее точно воспроизводящих климатическое среднее состояние и тренд площади морского льда в Арктике 1979-2012 гг., обозначено голубым цветом. Дополнительную техническую информацию см. в Дополнительном материале к Техническому резюме. {Рисунки 6.28, 12.11, 12.22 и 12.29; Рисунки TS.15, TS.16, TS.17 и TS.20}

Таблица SPM.2

		2046-2065		2081-2100	
Переменная	Сценарий	сред- нее	вероятный диапазон ^c	сред- нее	вероятный диапазон ^c
Изменение глобальной приземной температуры (°C) ^a	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
		сред- нее	вероятный диапазон ^d	сред- нее	вероятный диапазон ^d
Повышение уровня Мирового океана (м) ^b	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 CMIP5; аномалии рассчитаны по сравнению с 1986-2005 гг. На основе HadCRUT4 и оценки неопределенности (диапазон достоверности – 5-95%) наблюдаемое потепление по сравнению с базовым периодом 1986-2005 гг. составляет 0,61 [от 0,55 до 0,67]°C за период 1850-1900 гг. и 0,11 [от 0,09 до 0,13]°C за период 1980-1999 гг. (базовый период для прогнозов ОД4). Здесь не оценивались вероятные диапазоны по сравнению с предыдущими базовыми периодами, поскольку в литературе не описаны 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 наблюдениями и внутренняя изменчивость в течение базового периода наблюдений {2.4; 11.2; Таблицы 12.2 и 12.3}

(b) На основе 21 модели CMIP5; аномалии рассчитаны по сравнению с 1986-2005 гг. При отсутствии результатов моделирования для конкретной МОЦАО CMIP5 или сценария они рассчитаны в соответствии с описанием в Главе 13, Таблица 13.5. Воздействия быстрых динамических изменений ледовых щитов и антропогенных хранилищ пресной воды рассматриваются как имеющие одинаковые вероятностные распределения и в значительной мере не зависящие от сценариев. Это не означает, что рассматриваемые воздействия не зависят от сценария, просто существующий уровень знаний не позволяет сделать количественную оценку этой зависимости. По современным представлениям, только коллапс (если он произойдет) участков Ледового щита Антарктики, основания которых находится ниже уровня океана, мог бы вызвать в XXI-м веке значительное повышение вероятного диапазона роста среднего уровня Мирового океана. При средней достоверности этот дополнительный вклад не превысит нескольких десятых метра роста уровня Мирового океана в XXI-м веке.

(c) Рассчитано на основании прогнозов, попадающих в диапазон, исключаящий 5% самых низких и 5% самых высоких оценок (диапазон 5-95%). Эти диапазоны оцениваются как вероятные с учетом дополнительных неопределенностей и различных уровней достоверности в моделях. Достоверность прогнозов изменения глобальной приземной температуры в 2046-2065 гг. – средняя, так как относительная важность внутренней изменчивости и неопределенности, связанной с воздействиями, отличными от воздействия парниковых газов, и реакцией 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 глобальной приземной температуры ниже диапазона 5-95%, поскольку количественная оценка влияния этих факторов на прогнозы в более долгосрочной перспективе не была сделана из-за недостаточных научных знаний. {11.3}

(d) Рассчитано на основании прогнозов диапазона 5-95%. Эти диапазоны оцениваются как вероятные с учетом дополнительных неопределенностей и различных уровней достоверности в моделях. Достоверность прогнозов повышения среднего уровня Мирового океана – средняя на обоих временных горизонтах.

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, *вероятно*, превысит 2°C в сценариях РТК6.0 и РТК8.5 и, *скорее вероятно, чем нет*, превысит 2°C в сценарии РТК4.5. Во всех сценариях РТК, кроме РТК2.6, потепление продолжится после 2100 г. Потепление будет продолжать демонстрировать изменчивость на интервалах от года до десятилетия и в региональном масштабе не будет однородным (см. Рисунки SPM.7 и SPM.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., *вероятно*, будет в диапазоне от 0,3°C до 0,7°C (*средний уровень достоверности*). Эта оценка основывается на многочисленных данных и предполагает отсутствие крупных извержений вулканов и долговременных изменений суммарной солнечной радиации. Ожидается, что по сравнению с естественной внутренней изменчивостью повышение среднесезонных и среднегодовых значений температур в краткосрочной перспективе будет более значительным в тропиках и субтропиках, чем в средних широтах (*высокий уровень достоверности*). {11.3}
- Повышение средней глобальной приземной температуры в 2081-2100 гг. по сравнению с 1986-2005 гг. прогнозируется в границах *вероятных* диапазонов, полученных по сценарным расчетам по моделям CMIP5, 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 идти быстрее, чем в среднем на планете, а над сушей оно будет в среднем более значительным, чем над океанами (*очень высокий уровень достоверности*) (см. Рисунки SPM.7 и SPM.8 и Таблицу SPM.2). {12.4, 14.8}
- По прогнозам, изменение глобальной приземной температуры к концу XXI-го века по сравнению со средними значениями за 1850-1900 гг., *вероятно*, превысит 1,5°C по сценариям РТК4.5, РТК6.0 и РТК8.5 (*высокий уровень достоверности*). По сценариям РТК6.0 и РТК8.5 потепление, *вероятно*, превысит 2°C (*высокий уровень достоверности*), по сценарию РТК4.5, *скорее вероятно, чем нет*, превысит 2°C (*высокий уровень достоверности*), но *маловероятно*, что превысит 2°C по сценарию РТК2.6 (*средний уровень достоверности*). *Маловероятно*, что потепление превысит 4°C по сценариям РТК2.6, РТК4.5 и РТК6.0 (*высокий уровень достоверности*), и *относительно вероятно*, что оно превысит 4°C по сценарию РТК8.5 (*средний уровень достоверности*). {12.4}
- *Практически определено*, по мере увеличения средней глобальной температуры над большей частью поверхности суши в суточном и сезонном масштабах будут чаще отмечаться экстремально высокие и реже – экстремально низкие температуры. *Очень вероятно* увеличение частоты и продолжительности волн жары. По-прежнему в зимнее время порой будут отмечаться экстремально низкие температуры (см. Таблицу SPM.1). {12.4}

Е.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, невзирая на возможные исключения в ряде регионов (см. Рисунок SPM.8). {12.4, 14.3}

- Прогнозы изменений в гидрологическом цикле на протяжении следующих нескольких десятилетий в целом 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}
- В высоких широтах и в экваториальной зоне Тихого океана к концу века, *вероятно*, ожидается увеличение среднегодового количества осадков по сценарию RTK8.5. Во многих засушливых регионах в средних широтах и в субтропиках *вероятно* снижение среднего количества осадков, в то время как во многих влажных районах в средних широтах среднее количество осадков к концу века, *вероятно*, возрастет по сценарию RTK8.5 (см. Рисунок SPM.8). {7.6, 12.4, 14.3}
- *Очень вероятно*, что интенсивность и частота выпадения экстремальных осадков над большей частью суши в средних широтах и над влажными тропическими регионами к концу века увеличится по мере повышения средней глобальной приземной температуры (см. Таблицу SPM.1). {7.6, 12.4}
- В глобальном масштабе, *вероятно*, что зона, охватываемая муссонными системами, в течение XXI-го века увеличится. Одновременно с *вероятным* ослаблением муссонных ветров интенсивность муссонных осадков, *вероятно*, увеличится вследствие повышения влагозапаса атмосферы. *Вероятно*, что даты начала муссонов сдвинутся на более ранние сроки или значительно не изменятся. Даты окончания муссонов, *вероятно*, передвинутся на более поздние сроки, что приведет к удлинению сезона муссонов во многих регионах. {14.2}
- С *высокой достоверностью* явление Эль Ниньо–Южное колебание (ЭНЮК) будет в XXI-м веке продолжать определять доминирующий режим межгодовой изменчивости в тропических широтах Тихого океана, сопровождаемый глобальными последствиями. Вследствие повышения влажности обусловленная ЭНЮК изменчивость режима осадков на региональном уровне, *вероятно*, увеличится. Естественная изменчивость амплитуды и пространственной картины ЭНЮК велика, и поэтому *достоверность* конкретных прогнозов изменений ЭНЮК и сопутствующих региональных явлений в XXI-м веке остается *низкой*. {5.4, 14.4}

Е.3 Атмосфера: Качество воздуха

- Диапазон прогнозов качества воздуха (содержание озона и ВЧ2.5¹⁷ в приповерхностном воздухе) обусловлен, главным образом, выбросами (включая CH₄), а не физическим изменением климата (*средний уровень достоверности*). С *высокой достоверностью* в глобальном масштабе потепление ведет к уменьшению фонового содержания озона в приземном слое. Высокие уровни CH₄ (РТК8.5) могут компенсировать это уменьшение, увеличив фоновое содержание озона в приземном слое к 2100 г. в среднем приблизительно на 8 ppb (на 25% от нынешнего уровня) по сравнению со сценариями, предусматривающими небольшие изменения уровней CH₄ (РТК4.5, РТК6.0) (*высокий уровень достоверности*). {11.3}
- Данные наблюдений и результаты моделирования показывают, что при прочих равных условиях более высокие приземные температуры в загрязненных регионах повлекут усиление региональных обратных связей в химических реакциях в атмосфере и местных выбросах, которые приведут к повышению пиковых уровней озона и ВЧ2.5 (*средний уровень достоверности*). Что касается ВЧ2.5, 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 ВЧ2.5 не присваивается никакой уровень достоверности. {11.3}

Е.4 Океан

В течение XXI-го века температура Мирового океана будет продолжать повышаться. 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 поверхностном слое в тропиках и в субтропической зоне Северного полушария. На большей глубине потепление будет самым заметным в Южном океане (*высокий уровень достоверности*). Наилучшие оценки повышения температуры верхнего стометрового слоя океана к концу XXI-го века составляют от 0,6°C (РТК2.6) до 2,0°C (РТК8.5), а на глубине около 1000 м – от 0,3°C (РТК2.6) до 0,6°C (РТК8.5). {12.4, 14.3}
- *Очень вероятно*, что в течение XXI-го века Атлантическая меридиональная циркуляция (АМЦ) будет ослабевать. Наилучшие оценки и диапазон¹⁸ ослабления, согласно моделям CMIP5, составляют 11% (от 1 до 24%) для РТК2.6 и 34% (от 12 до 54%) для РТК8.5. *Вероятно*, что приблизительно к 2050 г. будет отмечено некоторое ослабление АМЦ, но в некоторые десятилетия АМЦ может усиливаться благодаря большой внутренней изменчивости. {11.3, 12.4}
- *Весьма маловероятно*, что в рассмотренных сценариях в XXI-м веке АМЦ претерпит резкие изменения или коллапс. Из-за ограниченного количества исследований и неоднозначных результатов уровень достоверности оценки эволюции АМЦ за

¹⁷ ВЧ2.5 означает взвешенные частицы с диаметром менее 2,5 микрометров, мера атмосферной концентрации аэрозолей.

¹⁸ Диапазоны в этом пункте указывают на диапазон отклонений между моделями CMIP5.

пределами XXI-го века *низок*. Тем не менее, нельзя исключать коллапс за пределами XXI-го века в случае значительного и продолжительного потепления. {12.5}

Е.5 Криосфера

Очень вероятно, что в XXI-м веке площадь и толщина арктических морских льдов будут продолжать сокращаться, а весенний снежный покров в Северном полушарии – уменьшаться по мере повышения средней глобальной приземной температуры. Объем ледников в мире будет и далее сокращаться. {12.4, 13.4}

- На основании средних значений по мультимодельному ансамблю к концу XXI-го века прогнозируется круглогодичное сокращение площади морского льда в Арктике. 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 (*средний уровень достоверности*) (см. Рисунки SPM.7 и SPM.8). {12.4}
- На основе оценки, сделанной с помощью подгруппы моделей, наиболее точно воспроизводящих климатическое среднее состояние и тренд площади морского льда в Арктике в 1979-2012 гг., до середины века *вероятно* почти полное отсутствие льда в Северном Ледовитом океане¹⁹ в сентябре по сценарию РТК8.5 (*средний уровень достоверности*) (см. Рисунки SPM.7 и SPM.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 достоверностью* прогнозируется сокращение площади и объема морского льда в конце XXI-го века по мере повышения средней глобальной приземной температуры. {12.4}
- По прогнозам, 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 (*средний уровень достоверности*). {13.4, 13.5}
- По прогнозам, к концу XXI-го века площадь весеннего снежного покрова в Северном полушарии в среднем по модельному ансамблю сократится на 7% по сценарию РТК2.6 и на 25% по сценарию РТК8.5 (*средний уровень достоверности*). {12.4}
- Практически определено площадь приповерхностного слоя вечной мерзлоты в высоких северных широтах будет сокращаться по мере повышения средней глобальной 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) (*средний уровень достоверности*). {12.4}

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.

Е.6 Уровень океана

В XXI-м веке средний уровень Мирового океана будет продолжать повышаться (см. Рисунок SPM.9). Во всех сценариях РТК скорость повышения уровня океана, *очень вероятно*, превысит значения, отмечавшиеся в 1971-2010 гг., вследствие повышения температуры океана и увеличения сокращения массы ледников и ледовых щитов. {13.3–13.5}

- За время, прошедшее с ОД4, уверенность в результатах прогнозирования среднего повышения уровня Мирового океана возросла благодаря более четкому пониманию физических причин повышения уровня океана, большей согласованности моделей, описывающих различные процессы, с данными наблюдений и включению динамических изменений ледовых щитов. {13.3-13.5}

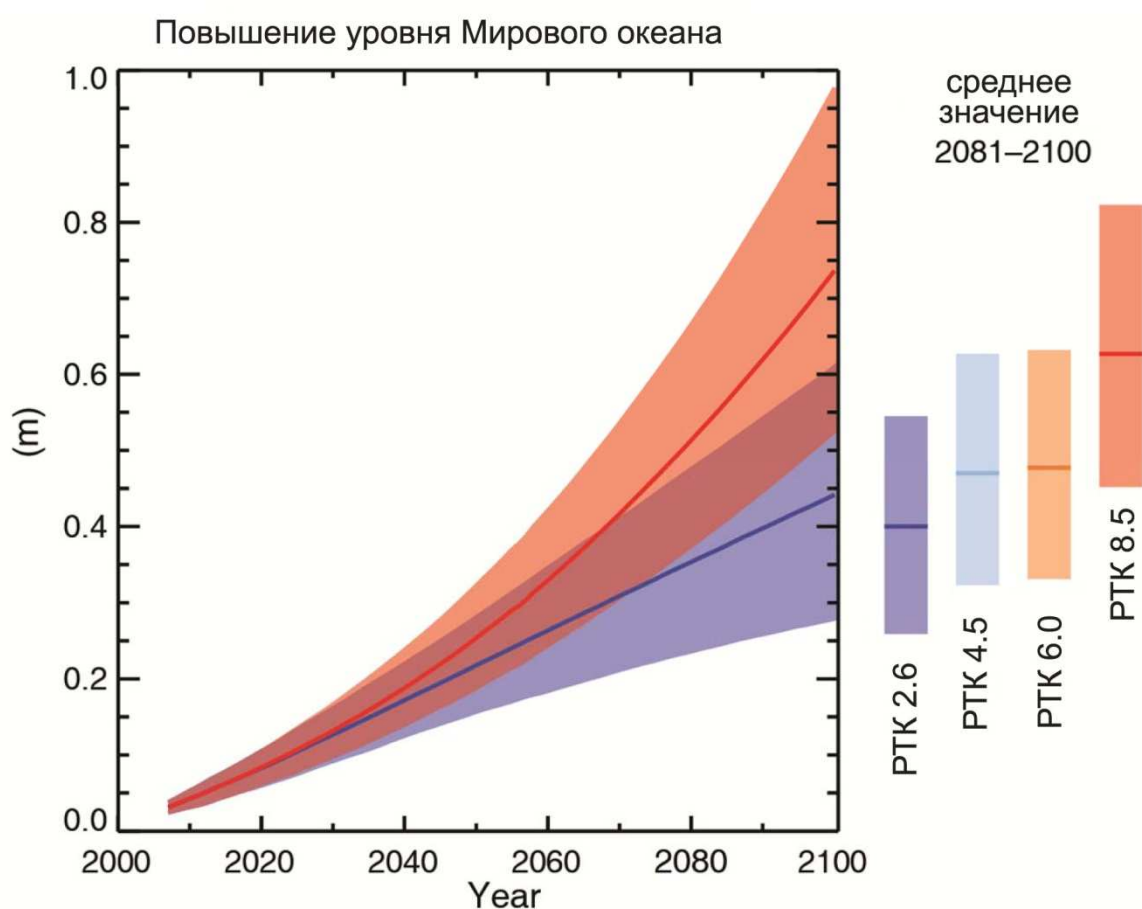


Рисунок SPM.9: Прогнозы среднего повышения уровня Мирового океана в XXI-ом веке по сравнению с 1986-2005 гг. на основе комбинации ансамбля моделей CMIP5 с моделями, описывающими различные процессы, по сценариям РТК2.6 и РТК8.5. Затененная зона представляет оценку *вероятного* диапазона. Оценки *вероятных* 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 TS.21 и TS.22}

- Среднее повышение уровня Мирового океана в 2081-2100 гг. по сравнению с 1986-2005 гг., *вероятно*, будет 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 (*средний уровень 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 в год⁻¹ (*средний уровень достоверности*). Эти диапазоны получены на основе климатических расчетов СМIP5 в сочетании с моделями, описывающими физические процессы, и оценками, описанными в литературе, по вкладу, вносимому ледниками и ледовыми щитами (см. Рисунок SPM.9, Таблицу SPM.2). {13.5}
- В прогнозах РТК на долю теплового расширения приходится от 30 до 55% среднего повышения уровня Мирового океана в XXI-м веке, а на долю ледников – от 15 до 35%. Увеличение скорости таяния поверхности ледового щита Гренландии превысит рост количества выпадающего снега, что приведет к положительному вкладу изменений баланса массы с поверхности ледового щита в повышение уровня Мирового океана (*высокий уровень достоверности*). В Антарктике таяние на поверхности ледового щита останется небольшим, но ожидается рост количества выпадающего снега (*средний уровень достоверности*), что приведет к отрицательному вкладу изменений баланса массы на поверхности ледового щита в повышение уровня Мирового океана. Вклад изменения суммарных стоков с обоих ледовых щитов, *вероятно*, будет в диапазоне от 0,03 до 0,20 м к 2081-2100 гг. (*средний уровень достоверности*). {13.3-13.5}
- Исходя из современного понимания, только коллапс (если он произойдет) участков ледового щита Антарктики, основания которых находится ниже уровня океана, мог бы вызвать в XXI-м веке значительное повышение *вероятного* диапазона роста среднего уровня Мирового океана. Однако при условии *средней* достоверности этот дополнительный вклад не превысит нескольких десятых метра роста уровня Мирового океана в XXI-м веке. {13.4, 13.5}
- Рассмотрены основания более значительного роста среднего уровня Мирового океана в XXI-м веке, однако в настоящее время имеющихся данных недостаточно для оценки вероятности превышения *вероятного* диапазона значений. Многие прогнозы среднего уровня Мирового океана, основанные на полуэмпирических моделях, дают больший рост, чем прогнозы по моделям, описывающим физические процессы (почти в два раза выше), но в научном сообществе нет согласия в отношении их надежности, и поэтому *достоверность* этих прогнозов *низка*. {13.5}
- Рост уровня Мирового океана будет неоднородным. *Очень вероятно*, что к концу XXI-го века уровень океана повысится примерно на 95% площади, занятой океаном. По прогнозам, приблизительно 70% береговой линии во всем мире будет испытывать рост уровня океана в пределах 20% от среднего повышения уровня Мирового океана. {13.1, 13.6}

Е.7 Углеродный и другие биогеохимические циклы

Изменение климата затронет процессы углеродного цикла, что приведет к повышению содержания CO_2 в атмосфере (*высокий уровень достоверности*). Дальнейшее поглощение углерода океаном вызовет повышение кислотности океана. {6.4}

- Поглощение океаном антропогенного CO_2 будет продолжаться во всех четырех сценариях РТК до 2100 г., причем более значительное поглощение отмечается в сценариях с более высокими концентрациями (*очень высокий уровень достоверности*). Меньше ясности в отношении будущей динамики поглощения углерода сушей. Большинство моделей прогнозируют дальнейший рост поглощения углерода сушей по всем сценариям РТК, но некоторые показывают потери углерода сушей вследствие комбинированного эффекта от изменения климата и изменения землепользования. {6.4}
- Базируясь на моделях Земной системы, с *высокой достоверностью* можно считать, что в XXI-м веке обратная связь между климатом и углеродным циклом будет положительной; то есть изменение климата будет частично компенсироваться увеличением стоков углерода на суше и в океан, вызванное повышением содержания CO_2 в атмосфере. В результате в атмосфере будет оставаться больше антропогенного CO_2 . Наличие положительной обратной связи между климатом и углеродным циклом на временных масштабах от ста до тысячи лет подтверждается данными палеоклиматических наблюдений и результатами моделирования. {6.2, 6.4}
- Модели Земной системы прогнозируют глобальное повышение уровня кислотности океана во всех сценариях РТК. Соответствующее снижение к концу XXI-го века уровня рН на поверхности океана находится в диапазоне¹³ от 0,06 до 0,07 по сценарию РТК 2.6, от 0,14 до 0,15 по сценарию РТК 4.5, от 0,20 до 0,21 по сценарию РТК 6.0 и от 0,30 до 0,32 по сценарию РТК 8.5 (см. Рисунки SPM.7 и SPM.8). {6.4}
- Совокупные выбросы CO_2 ²⁰ за период 2012-2100 гг., согласованные с концентрациями CO_2 в атмосфере по сценариям РТК, полученными в 15 моделях Земной системы, находятся в диапазоне от 140 до 410 ГтС по сценарию РТК 2.6, от 595 до 1005 ГтС по сценарию РТК 4.5, от 840 до 1250 ГтС по сценарию РТК 6.0 и от 1415 до 1910 ГтС по сценарию РТК 8.5 (см. Таблицу SPM.3). {6.4}

²⁰ От сжигания топлива, при производстве цемента, от промышленности и отходов.

Сценарий	Совокупная эмиссия CO ₂ за 2012-2100 гг. (в ГтС ^а)	
	Среднее значение	Диапазон
РТК2.6	270	от 140 до 410
РТК4.5	780	от 595 до 1005
РТК6.0	1060	от 840 до 1250
РТК8.5	1685	от 1415 до 1910

Примечания: 1 гигатонна углерода соответствует 3,67 Гт CO₂.

Таблица SPM.3: Совокупные выбросы CO₂ за период 2012-2100 гг., согласованные с атмосферными концентрациями по сценариям РТК, полученными в моделях Земной системы CMIP5. {6.4, Таблица 6.12}

- К 2050 г. годовая эмиссия CO₂, полученная в моделях Земной системы по сценарию РТК2.6, меньше, чем эмиссия 1990 г. (на 14-96%) (см. Рисунок TS.19). 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}
- Высвобождение CO₂ или CH₄ в атмосферу при таянии вечной мерзлоты на протяжении XXI-го века оценивается в диапазоне от 50 до 250 ГтС по сценарию РТК8.5 (*низкий уровень достоверности*). {6.4}

Е.8 Стабилизация климата, изменение климата и необратимость

Совокупные выбросы CO₂ в значительной мере определяют повышение глобальной приземной температуры к концу XXI-го века и в дальнейшем (см. Рисунок SPM.10). Большинство аспектов изменения климата будут отмечаться на протяжении многих веков, даже если выбросы CO₂ прекратятся. Все это представляет собой твердый многовековой вклад в изменение климата, вызванный прошлыми, настоящими и будущими выбросами CO₂. {12.5}

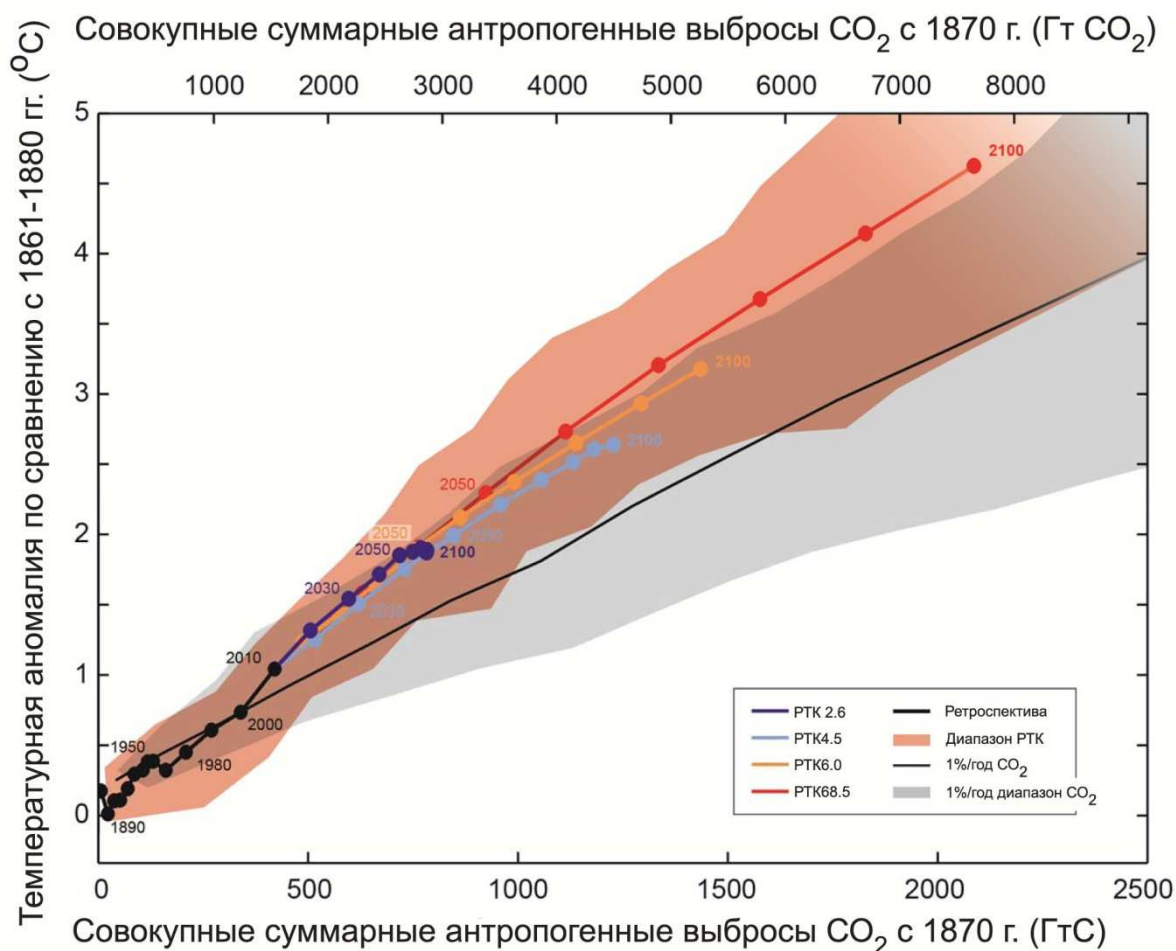


Рисунок SPM.10: Повышение глобальной приземной температуры как функция совокупных глобальных выбросов CO₂, полученных по различным данным. Результаты, полученные по классу моделей климат-углеродный цикл для каждого сценария РТК до 2100 г. показаны цветными линиями и десятилетние средние точки. Для большей ясности указаны некоторые десятилетние средние (например, 2050 означает десятилетие 2041-2050 гг.). Результаты, полученные на модели за исторический период (1860-2010 гг.), показаны черным цветом. Цветной шлейф иллюстрирует межмодельный разброс по четырем сценариям РТК и блекнет по мере уменьшения количества моделей в сценарии РТК8.5. Среднее значение и разброс, рассчитанные по моделям CMIP5 с учетом роста CO₂ на 1% в год (рост CO₂ на 1% в год), показаны тонкой черной линией и серой зоной, соответственно. Для конкретных совокупных выбросов CO₂ расчет роста на 1% в год дает меньшее потепление, чем в случае РТК, включающих дополнительные факторы, помимо CO₂. Все значения даны по сравнению с базовым периодом 1861-1880 гг. Средние значения по десятилетиям соединены прямыми линиями. {Рисунок 12.45; TFE.8, Рисунок 1}

- Совокупные суммарные выбросы CO₂ и реакция средней глобальной приземной температуры связаны практически линейной зависимостью (см. Рисунок SPM.10). Каждый конкретный уровень потепления ассоциируется с диапазоном совокупных выбросов CO₂²¹, и поэтому, например, более высокие уровни выбросов в более ранние десятилетия подразумевают более низкие выбросы в дальнейшем. {12.5}

²¹ Количественная характеристика этого диапазона выбросов CO₂ требует принятия во внимание факторов, кроме CO₂.

- Для ограничения потепления, вызванного только антропогенными выбросами CO₂, с 1861-1880 гг.²² с вероятностью >33%, >50% и >66%, не превышающего уровень 2°C, необходимо, чтобы совокупные выбросы CO₂ всех антропогенных источников оставались в примерных пределах 0-1560 ГтС, 0-1210 ГтС и 0-1000 ГтС после указанного периода, соответственно²³. При учете дополнительных воздействий, не связанных с CO₂, в сценарии РТК2.6, эти верхние пределы снижаются приблизительно до 880 ГтС, 840 ГтС и 800 ГтС, соответственно. К 2011 г. выбросы составили уже 531 [от 446 до 616] ГтС. {12.5}
- Более низкий прогнозный показатель потепления или более высокая вероятность непревышения конкретного температурного показателя потребует более низких уровней совокупных выбросов CO₂. Учет влияния роста содержания других парниковых газов, снижения содержания аэрозолей и высвобождения парниковых газов при таянии вечной мерзлоты будет также снижать объем совокупных выбросов CO₂ для достижения конкретного показателя потепления (см. Рисунок SPM.10). {12.5}
- Большая доля антропогенного изменения климата, обусловленного выбросами CO₂, является необратимой на временных масштабах от нескольких столетий до тысячелетия, если только не будет достигнуто значительное чистое удаление CO₂ из атмосферы на протяжении длительного времени. Приземные температуры будут оставаться повышенными и примерно постоянными на протяжении многих столетий после полного прекращения суммарных антропогенных выбросов CO₂. Из-за того, что перенос тепла с поверхности в глубинные слои занимает продолжительное время, повышение температуры океана будет длиться веками. В зависимости от сценария от 15 до 40% выбросов CO₂ останутся в атмосфере больше чем на 1000 лет. {Вставка 6.1, 12.4, 12.5}
- *Практически определенно*, повышение среднего уровня Мирового океана будет продолжаться после 2100 г., а повышение уровня океана вследствие теплового расширения будет длиться много веков. Немногие имеющиеся результаты моделирования за пределами 2100 г. показывают, что повышение среднего уровня Мирового океана к 2300 г. по сравнению с доиндустриальным будет менее чем на 1 м при радиационном воздействии, соответствующем концентрациям CO₂, которые выходят на максимум, 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 1500 ppm, как в сценарии РТК8.5, прогнозируется повышение на от 1 м до более чем 3 м (*средний уровень достоверности*). {13.5}
- Продолжительная потеря массы ледовых щитов станет причиной большего повышения уровня океана, причем часть потери массы может быть необратимой. С *высокой достоверностью* продолжительное потепление сверх определенного порогового значения приведет к почти полному исчезновению ледового щита Гренландии в течение тысячелетия или более длительного периода, что станет причиной повышения среднего уровня Мирового океана почти на 7 м. Современные оценки показывают, что это пороговое значение среднего глобального потепления составляет больше 1°C (*низкий уровень достоверности*), но меньше 4°C (*средний*

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

²³ На основе оценки кратковременной реакции климата на совокупные выбросы углерода (TCRE) (см. Раздел D.2)

уровень достоверности) по сравнению с доиндустриальным периодом. Резкая и необратимая потеря массы льда с потенциально нестабильных участков ледового щита Антарктики, основания которых находятся ниже уровня океана, вследствие климатического воздействия возможна, но имеющиеся данные и современный уровень знаний недостаточны для проведения количественных оценок. {5.8, 13.4, 13.5}

- Предложены методы целенаправленного воздействия на климатическую систему для предотвращения изменения климата (геоинженеринг). Недостаточность данных не позволяет провести всестороннюю количественную оценку Управления солнечной радиацией (УСР) и Удаления диоксида углерода (УДУ) и их воздействия на климатическую систему. Методы УДУ имеют биогеохимические и технологические ограничения в глобальном масштабе. В настоящее время недостаточно ясно, какой объем выбросов CO_2 может быть частично удален с помощью УДУ на временном масштабе столетия. Результаты моделирования показывают, что методы УСР, если они будут реализованы, могли бы в значительной мере нейтрализовать повышение глобальной температуры, но они одновременно изменяют глобальный гидрологический цикл и не понизят уровень кислотности океана. С *высокой достоверностью* при прекращении УСР по какой-либо причине глобальные приземные температуры очень быстро вырастут до значений, обусловленных воздействием парниковых газов. Методы УСР и УДУ имеют другие побочные эффекты и долговременные последствия в мировом масштабе. {6.5, 7.7}