Климатические показатели и устойчивое развитие

Демонстрация взаимосвязи

ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1271

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА

Материалы этого доклада подготовлены ВМО.

Этот доклад, а также расширенные справочные и вспомогательные материалы доступны на сайте https://public.wmo.int/ru/resources/.

Иллюстрация на обложке: Stepping Clouds («Шагающие облака»). Тэксу Ким, Кёнджу, Республика Корея

Ведущие авторы ВМО: Клэр Рэнсом, Валентин Харан, Омар Баддур

Соавторы (в алфавитном порядке):

ВМО: Макс Дилли, Юрг Лютербахер, Клэр Нуллис, Вильфран Муфума Окия, Сирилл Оноре, Лора Патерсон, Нирина Равалитера, Оксана Тарасова

Другие: Питер Зигмунд (Королевский Нидерландский метеорологический институт), Джон Кеннеди (Метеобюро СК), Кристина Лиф (консультант), Пьер-Аликс Льорет (The Climate Fresk, Франция), Лев Неретин (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций), Ге Пенг (Университет штата Алабама, Хантсвилл), Блэр Тревин (Австралийское бюро метеорологии)

ВМО-№ 1271

© Всемирная метеорологическая организация, 2021

Право на опубликование в печатной, электронной или какой-либо иной форме на каком-либо языке сохраняется за ВМО. Небольшие выдержки из публикаций ВМО могут воспроизводиться без разрешения при условии четкого указания источника в полном объеме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации следует направлять по адресу:

Chair, Publications Board
World Meteorological Organization (WMO)
7 bis, avenue de la Paix
P.O. Box 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 84 03
Факс: +41 (0) 22 730 81 17
Электронная почта: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-41271-3

ПРИМЕЧАНИЕ

Обозначения, употребляемые в публикациях ВМО, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения со стороны ВМО какого бы то ни было мнения в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

Заключения, мнения и выводы, представленные в публикациях ВМО с указанием авторов, принадлежат этим авторам и не обязательно отражают точку зрения ВМО или ее Членов.

Содержание

Предисловие 2

Введение 3

Показатели 4

Концентрация CO_2 7

Закисление океана 11

Глобальная средняя приземная температура 15

Теплосодержание океана 20

Протяженность морского льда 24

Баланс массы ледников 28

Повышение уровня моря 32

Основные выводы 36

Заключение 37

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития 38

Ссылки 44

Предисловие

Генеральный секретарь ВМО
профессор Петтери Таалас

В условиях происходящих изменений климата, бедности, неравенства и деградации окружающей среды демонстрация взаимосвязи между климатом и международным развитием является первостепенной задачей. Парижское соглашение 2015 года и цели в области устойчивого развития (ЦУР) Повестки дня Организации Объединенных Наций на период до 2030 года стали первыми шагами в осознании того, на каком этапе мы находимся, и в постановке четких целей для достижения желаемых результатов. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) вносит свой вклад в достижение ЦУР различными способами, в частности с помощью мониторинга состояния глобального климата с помощью семи показателей.

Раскрывая взаимосвязь между этими климатическими показателями ВМО и ЦУР при помощи наглядных визуальных карт, данные материалы призваны внести вклад в повестку дня в области устойчивого развития и вдохновить лидеров на более смелые действия в области климата. В этом докладе также собраны последние данные и научные исследования о состоянии глобального климата, чтобы показать, как уже меняется наш климат и как эти изменения будут препятствовать достижению ЦУР. Понимание сложностей изменения климата и международного развития является актуальной задачей. Поэтому данный доклад будет регулярно обновляться, чтобы отражать новые знания и связи.

Я хотел бы поблагодарить многих экспертов в области различных дисциплин, из разных организаций, национальных метеорологических и гидрологических служб и учреждений ООН, которые внесли свой вклад в представленные здесь исследования, анализ и обзор. Такое международное сотрудничество необходимо для достижения ЦУР и для ограничения глобального потепления на уровне 2 °C или даже 1,5 °C к концу века.

Профессор Петтери Таалас
Генеральный секретарь

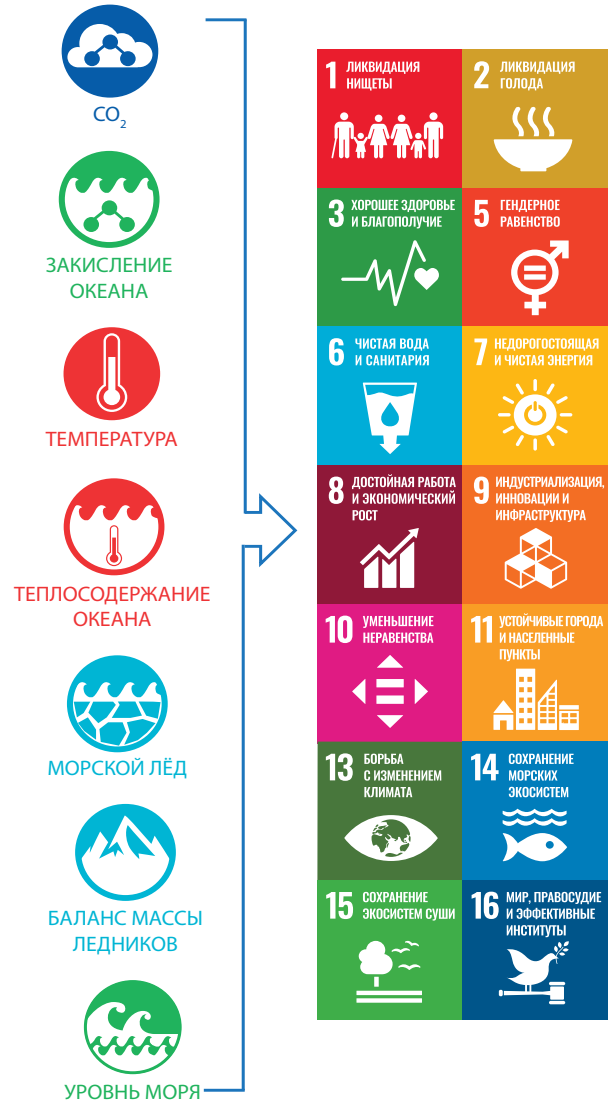
Введение

Несмотря на огромные успехи, достигнутые с принятием Парижского соглашения и целей в области устойчивого развития ООН (ЦУР), все еще существуют значительные разрывы между научным и политическим пониманием того, как климатические риски затрагивают экологические, социальные и экономические системы. Цель данного доклада — улучшить процесс принятия решений с учетом рисков, продемонстрировав взаимосвязь между ЦУР и семью показателями состояния климата, используемыми ВМО.

Концентрация CO_2 — Закисление океана — Температура — Теплосодержание океана — Протяженность морского льда — Баланс массы ледников — Повышение уровня моря

Каждый показатель был выбран на основании его ясности, актуальности для различных аудиторий и возможности регулярного расчета с использованием согласованных на международном уровне и опубликованных методов, а также доступных и проверяемых данных. Кроме того, каждая ЦУР имеет свои задачи и показатели. Взаимосвязи, продемонстрированные с помощью 13 из 17 ЦУР, перечисленных в конце данного доклада, являются предварительными и станут частью текущего проекта.

В данном докладе рассматриваются связи между климатическими показателями, и каждому показателю посвящен отдельный раздел: во-первых, приводятся общие сведения о том, что определяет каждый показатель и как проводятся эти измерения; во-вторых, продемонстрировано его воздействие на глобальный климат; и, в-третьих, с помощью обширного обзора литературы проиллюстрированы риски, которые данный показатель создает для устойчивого развития. Цель визуального отображения того, как эти риски повлияют на достижение конкретных ЦУР, — помочь политикам осознать взаимосвязанную и сложную природу того, как изменение климата угрожает устойчивому развитию, и таким образом стимулировать незамедлительные и более комплексные действия по борьбе с изменением климата.



Показатели

Взаимосвязи между климатическими показателями ВМО

Взаимосвязи между климатическими показателями ВМО

Климатические показатели и соответствующие цели в области устойчивого развития

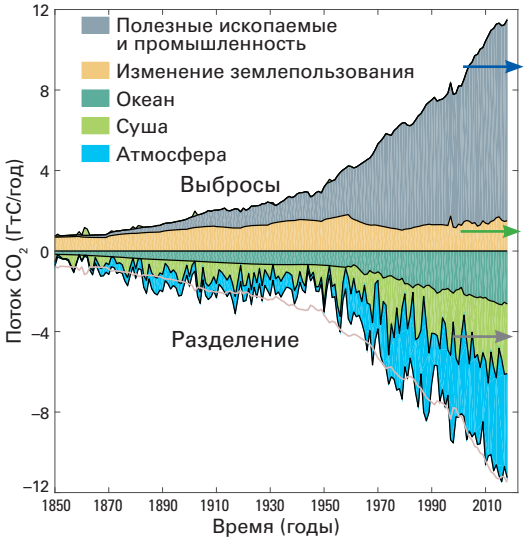
Климатические показатели и соответствующие цели в области устойчивого развития		1 ЛИКВИДАЦИЯ НИЩЕТЫ	2 ЛИКВИДАЦИЯ ГОЛОДА	3 ХОРОШЕЕ ЗДОРОВЬЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ	6 ЧИСТАЯ ВОДА И САНИТАРИЯ	7 НЕДОРОГОСТОЯЩАЯ И ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ	8 ДОСТОЙНАЯ РАБОТА И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ	9 ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ, ИННОВАЦИИ И ИНФРАСТРУКТУРА	10 УМЕНЬШЕНИЕ НЕРАВЕНСТВА	11 УСТОЙЧИВЫЕ ГОРОДА И НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ	13 БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА	14 СОХРАНЕНИЕ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ	15 СОХРАНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ СУШИ	16 МИР, ПРАВОСУДИЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ИНСТИТУТЫ
		ЦУР 1	ЦУР 2	ЦУР 3	ЦУР 6	ЦУР 7	ЦУР 8	ЦУР 9	ЦУР 10	ЦУР 11	ЦУР 13	ЦУР 14	ЦУР 15	ЦУР 16
	Концентрация CO_2													
	Закисление океана													
	Глобальная средняя приземная температура													
	Теплосодержание океана													
	Протяженность морского льда													
	Баланс массы ледников													
	Повышение уровня моря													

Концентрация CO_2

CO_2 в атмосфере

Общие сведения

Диоксид углерода (CO_2) является основным парниковым газом, образующимся в результате антропогенных выбросов. Он возникает в результате сжигания ископаемого топлива (например, угля, нефти и природного газа) и изменений в землепользовании, например, вырубки лесов. Кроме того, таяние многолетней мерзлоты и деградация болот еще больше увеличивают выбросы CO_2. Рост концентрации CO_2 в атмосфере способствует парниковому эффекту. Парниковый эффект возникает, когда газы, такие как CO_2, поглощают и излучают энергию, задерживая ее в атмосфере. Парниковые газы являются основной причиной изменений климата и вносят решающий вклад в радиационное воздействие, которое Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) определяет как изменение баланса приходящей и уходящей энергии в системе Земля-атмосфера[1]. За последнее десятилетие на долю одного только диоксида углерода пришлось примерно 82 % увеличения радиационного воздействия[2]. На рисунке 1 показано, как происходит перераспределение выбросов на Земле:



- От **25 до 30 %** **выбросов CO_2 поглощается океаном, что повышает его кислотность.**
- **20—25 %** **поглощается растительностью**
- **Остальные 50 %** **остаются в атмосфере и способствуют дополнительному парниковому эффекту.**

Рисунок 1. Совокупность компонентов глобального углеродного бюджета как функция времени. *Источник*: Глобальный углеродный проект

Измерение показателя

В качестве показателя атмосферная концентрация CO_2 определяется процессами обмена между атмосферой, биосферой и океанами, которые отражают баланс между источниками (включая выбросы) и поглотителями. Для его измерения используются данные наземных наблюдений на станциях Программы Глобальной службы атмосферы и участвующих в ней сетей[3]. Мировой центр калибровки при поддержке Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) организует регулярные сравнения для обеспечения глобальной совместимости измерений. Концентрация CO_2 в атмосфере достигла самого высокого уровня за всю историю человечества (рисунок 2).

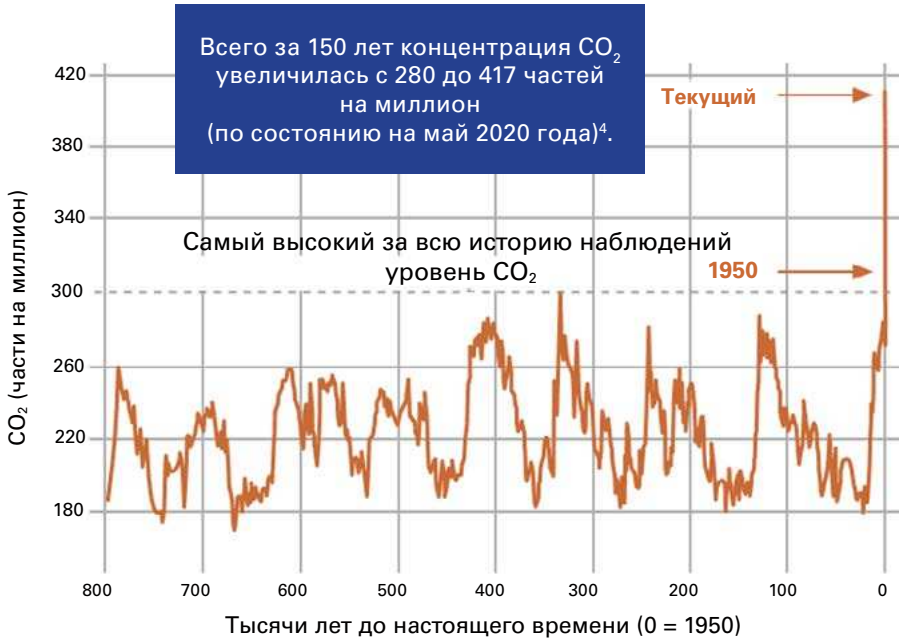


Рисунок 2. Косвенные измерения концентрации CO_2 800 000 лет назад, восстановленные по ледовым кернам.
Источник: НУОА

CO_2 в атмосфере — основные последствия для климата

Закисление океана

Около 25—30 % выбросов CO_2 поглощается океанами. Когда CO_2 растворяется в океане, он превращается в ионы кислоты (H_2CO_3 и HCO_3^-)[5]. Результатом этого превращения является снижение pH, известное как закисление океана (см. рисунок 3 и раздел о закислении океана далее)

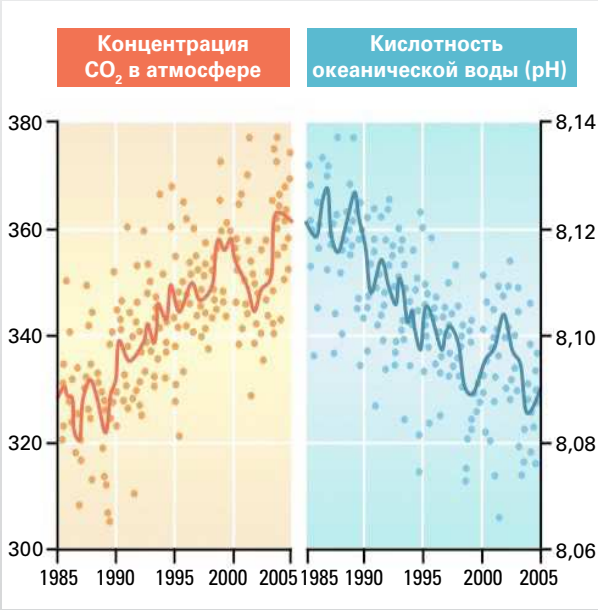


Рисунок 3. Сравнение атмосферного CO_2 и кислотности океанической воды.
Источник: МГЭИК (см. ссылку 28)

Усиление радиационного воздействия на Землю

Радиационное воздействие — это нарушение равновесия между приходящей и уходящей энергией. Однако рост концентрации CO_2 в атмосфере и последующий парниковый эффект вызывают дисбаланс в энергетическом бюджете Земли, нарушая его равновесие и увеличивая накопление энергии[6].

Рисунок 4 иллюстрирует направления накопленной от радиационного воздействия энергии:

- **93 % задерживается океаном (как верхними слоями, так и глубинами океана)**
- **3 % растапливают криосферу (морской лед, ледяные щиты, ледники и т. д.)**
- **3 % рассеивается в земле**
- **1 % нагревает атмосферу**

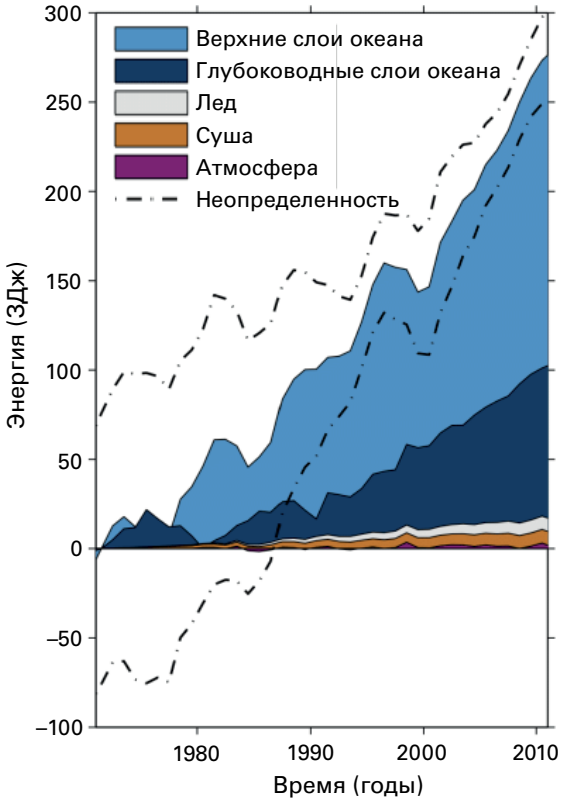


Рисунок 4. Накопление энергии в зеттаджоулях в отдельных компонентах климатической системы Земли с 1971 по 2010 год относительно 1971 года.
Источник: Rhein et al., 2013 (см. ссылку 23)

Концентрация CO_2 в атмосфере Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Рисунок 5. Сопутствующие риски CO_2 в атмосфере и ЦУР

Основные последствия для целей в области устойчивого развития

По мере роста концентрации CO_2 усиливается антропогенная составляющая парникового эффекта. Хотя парниковый эффект возникает естественным образом и необходим для жизни на Земле, когда он усиливается в результате деятельности человека, он ускоряет планетарное потепление. Если не принять мер, то рост концентрации CO_2 и связанное с ним повышение глобальной температуры могут как сигнализировать об ограничении эффективности усилий по борьбе с изменением климата, так и поставить под угрозу усилия по смягчению его последствий (ЦУР 13) (см. рисунок 5).

Кроме того, концентрация CO_2 растет как в океане, так и в атмосфере. Повышение содержания CO_2 в воде вызывает закисление океана, что напрямую влияет на показатель ЦУР 14.3.1 и косвенно влияет на другие показатели (см. раздел о закислении океана далее). По мере роста атмосферных концентраций процессы фотосинтеза ускоряются, что позволяет получать сельскохозяйственные урожаи за меньшее время. Это может привести к снижению содержания определенных белков и питательных веществ в зерне — процесс, известный как разбавление роста[7]. Снижение содержания питательных веществ влияет на продовольственную безопасность, в частности, на показатель ЦУР 2.1.2. Наконец, последние исследования показали, что повышенное воздействие высоких уровней атмосферного CO_2 может представлять прямые риски для здоровья, что ставит под угрозу показатели ЦУР 3.4.1 и 3.9.1[8].

Поскольку концентрация CO_2 обуславливает глобальное изменение климата, она косвенно отвечает за риски, связанные с другими климатическими показателями и почти всеми ЦУР. Поэтому снижение выбросов углерода является одним из наиболее эффективных и необходимых действий для достижения ЦУР, связанных с изменением климата.

Закисление океана

Закисление океана

Общие сведения

Примерно от 25 до 30 % всех выбросов CO_2 поглощаются океаном[9]. Когда CO_2 растворяется в воде, он превращается в ионы кислоты (H_2CO_3 и HCO_3^-), которые повышают кислотность океана. В индустриальную эру pH поверхности океана снизился с 8,2 до менее 8,1 в результате увеличения антропогенных выбросов CO_2[10]. Это снижение соответствует увеличению кислотности океана примерно на 30 %. В последние десятилетия закисление океана происходило в 100 раз быстрее, чем в течение последних 55 миллионов лет[11].

Закисление океана сказывается на морских организмах, таких как мидии, ракообразные и кораллы (то есть на их способность формировать раковины и скелетные материалы) (см. рисунок 6). Поскольку эти виды составляют основу многих морских цепей питания, закисление океана угрожает не только отдельным видам, но и целым экосистемам и связанным с океаном услугам, от продовольственной безопасности до обеспечения средств к существованию, туризма и культурного наследия.

Океан поглощает около **25—30 %** ежегодных выбросов CO_2.

Измерение показателя

С начала промышленной революции наблюдается общее увеличение уровня закисления океана на **30 %**.

В последние годы опасности, которые несет собой закисление океана, привлекают все большее внимание международного сообщества. В 2017 году был добавлен новый показатель ЦУР (14.3.1). Средняя кислотность морской воды (pH) измеряется и поддерживается Глобальной сетью наблюдений за закислением океана, членами которой в настоящее время являются более 100 стран[12]. В последние годы pH океана неуклонно снижается (рисунок 7).

Разрушение раковины в растворе при pH 7,8
Фото: David Liittschwager/National Geographic

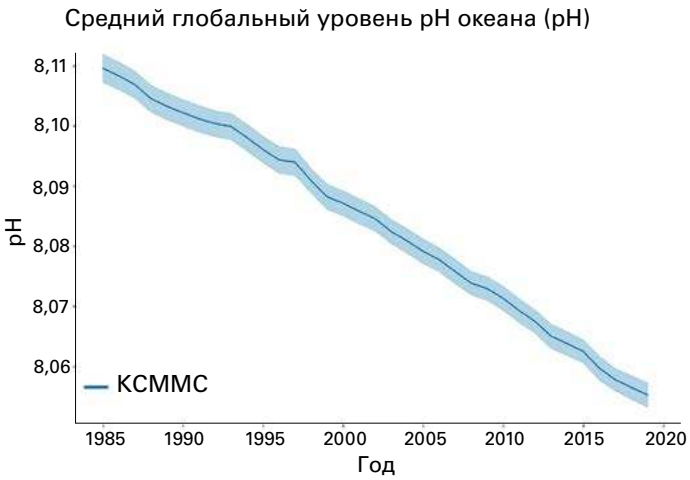


Рисунок 6. Разрушение раковины в растворе при pH 7,8.
Источник: Национальное географическое общество

Рисунок 7. Средний глобальный приземный pH. Заштрихованная область указывает на предполагаемую неопределенность каждой оценки.
Источник: Служба мониторинга морской среды программы «Коперник» (КСММС)

Закисление океана – основные последствия для климата

Изменение и утрата морских экосистем

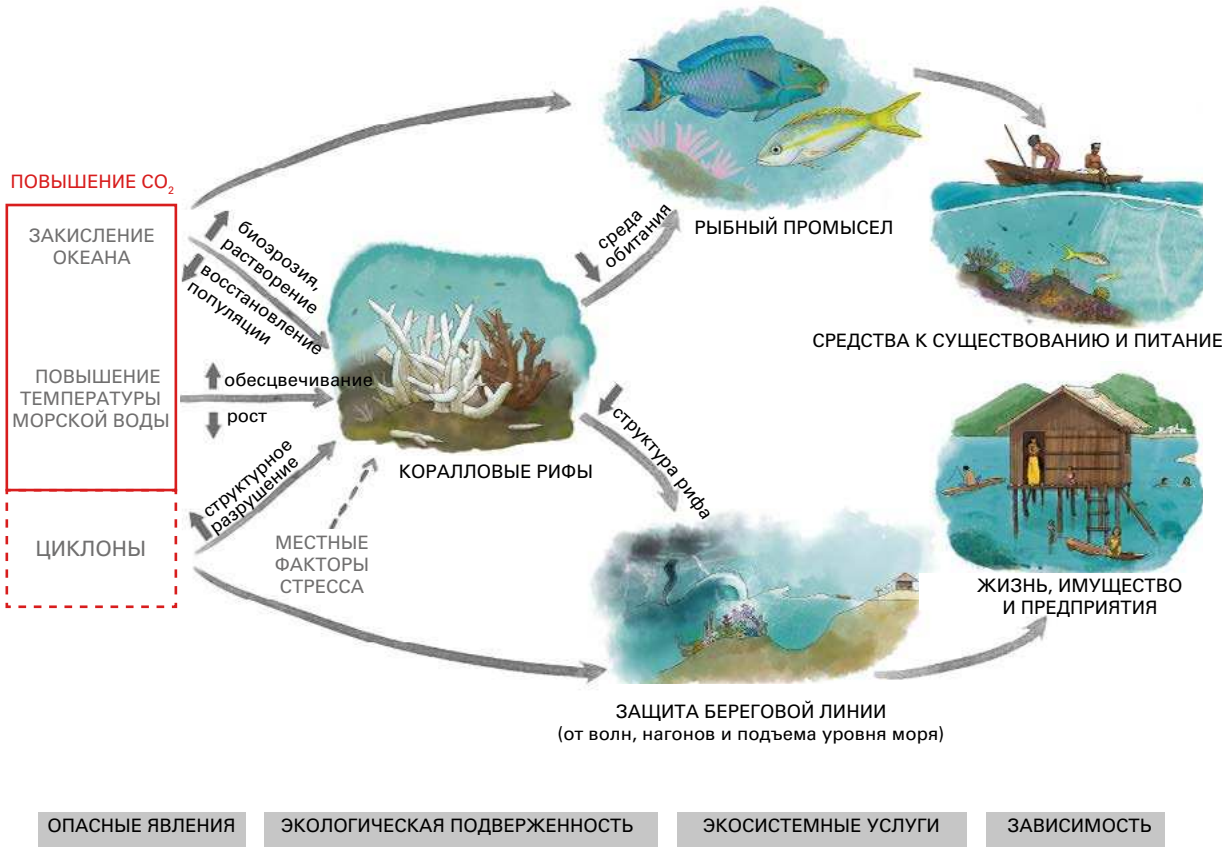


Рисунок 8. Причины и последствия обесцвечивания кораллов.
Источник: Консалтинговая компания по вопросам морской экологии «Марин Эколоджи Консалтинг» (Marine Ecology Consulting), Фиджи

Закисление океана связано с уменьшением концентрации иона карбоната, который необходим морским организмам, таким как мидии, ракообразные и кораллы, для формирования раковин и скелетного материала. Поэтому закисление океана может повлиять на более низкие трофические уровни и источники пищи для морских обитателей, потенциально приводя к значительным изменениям в морских видах, что может существенно нарушить жизнедеятельность рыбаков и рыболовной промышленности.

Особенно важно воздействие на коралловые рифы (рисунок 8). Коралловые рифы не только являются одной из наиболее биологически разнообразных экосистем в мире, но и обеспечивают необходимую защиту береговой линии в случае высоких волн или штормового нагона, а также служат средой обитания для многих важных моллюсков и других беспозвоночных. Таким образом, коралловые рифы чрезвычайно восприимчивы к изменению климата и представляют собой природное решение для борьбы с его последствиями[13].

Потепление океанов также отрицательно влияет на морские экосистемы (см. следующий раздел о теплосодержании океана).

Закисление океана
Основные последствия для целей в области устойчивого развития

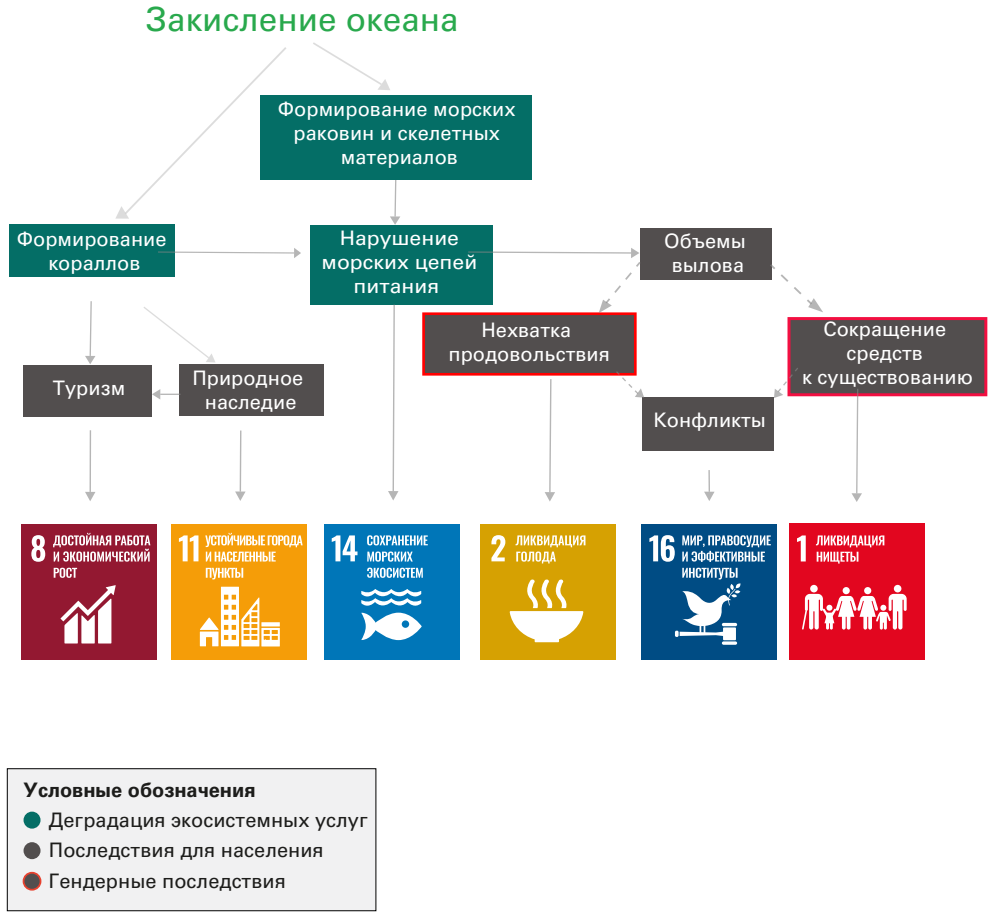


Рисунок 9. Сопутствующие риски закисления океана и ЦУР

Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Закисление океана (рисунок 9) уникально тем, что это единственный климатический показатель ВМО, имеющий соответствующий ему показатель ЦУР (14.3.1). Однако его последствия гораздо более масштабны. По мере того как океан поглощает все большее количество CO_2, его pH изменяется и становится более кислым. Когда это происходит, организмы (например, мидии, ракообразные и кораллы) и зависящие от них виды в пищевой цепи оказываются в опасности, тем самым создавая риски для задач ЦУР 14.2 и 14.3. Коралловые рифы относятся к числу морских пищевых цепей и экосистем, находящихся под угрозой; ценность многих коралловых рифов выходит за рамки их экосистемных услуг и поэтому они были включены в список всемирного наследия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). Поэтому их деградация приведет к значительным культурным потерям (задача ЦУР 11.4), а также к экономическим потерям от туризма (задача ЦУР 8.9)[14].

Кроме того, рыболовство зависит от здоровых морских экосистем. Значительные изменения или потери морского биоразнообразия могут привести к снижению объемов вылова, что потенциально может привести к сокращению или уменьшению средств к существованию (задача ЦУР 1.4) и к необеспеченности продовольствием (показатель ЦУР 2.1.2), особенно в сельских районах и районах с низким уровнем дохода, которые в большей степени зависят от местного улова[15]. Учитывая существующее гендерное неравенство, необеспечение продовольственной безопасности и средств к существованию может иметь существенно разные последствия для представителей разных полов, что подрывает работу, проделанную для продвижения гендерного равенства (ЦУР 5)[16]. Отсутствие продовольственной безопасности и потеря средств к существованию также могут стать факторами конфликта, особенно в территориальных спорах и управлении ресурсами, тем самым ставя под угрозу мир и стабильность в регионе (ЦУР 16.1)[17]. Таким образом, очевидно, что закисление океана представляет собой значительную угрозу для достижения многих ЦУР к 2030 году, в дополнение к ЦУР 14.

Глобальная средняя приземная температура

Глобальная средняя приземная температура

Общие сведения

В зависимости от динамики концентрации парниковых газов ожидается, что к 2100 году глобальная средняя приземная температура (ГСПТ) повысится на 2—5 °C[18]. Скорость изменения температуры очень высока: если в прошлом потепление на 4 °C происходило за 20 000 лет[19], то антропогенное изменение климата, как ожидается, спровоцирует такое же потепление всего за два столетия. МГЭИК призвала мир удержать глобальное потепление на уровне ниже 1,5 °C; однако в 2020 году потепление уже было приблизительно на 1,2 °C выше доиндустриального уровня[20].

ГСПТ скрывает различия в потеплении между регионами (см. рисунок 10).

Измерение показателя

ГСПТ широко используется в качестве основы для обсуждения и формирования политики в области изменения климата. Показатель измеряется при помощи комбинированной температуры воздуха в двух метрах над поверхностью земли и температуры поверхности моря в океанических районах, полученной из различных баз данных[21]. Обычно показатель выражается как аномалия по сравнению с исходным периодом.

Скорость потепления в Арктике **в 3 раза выше,** чем в среднем по миру, и это имеет глобальные последствия[22].

ВМО рассчитывает ГСПТ используя пять наборов данных о глобальной температуре:

| HadCRUT | NOAAGlobalTemp | GISTEMP | ERA5 | JRA-55 |

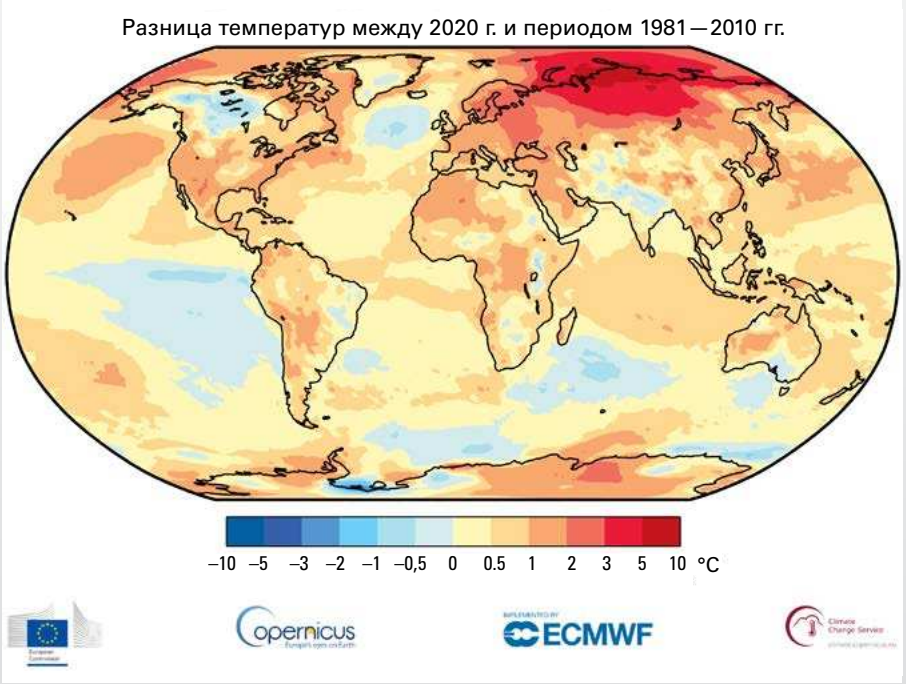


Рисунок 10. Разница приземной температуры в 2020 году по отношению к среднему значению за 1981—2010 годы.
Источник: ВМО, *Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2020 году*

В 2020 году ГСПТ была примерно на **1,2 ± 0,1 °C выше** доиндустриального базового уровня 1850—1900 годов.

Глобальная средняя приземная температура — основные последствия для климата

Потепление суши и приземная температура

Воздух и суша поглощают 4 % энергии, накопленной на Земле[23]. Температура воздуха вблизи поверхности используется для оценки потепления над районами суши.

Повышение температуры поверхности моря

Температура поверхности моря оказывает большое влияние на обмен энергией, импульсом и газами между океаном и атмосферой[24].

Экстремально высокие температуры

Экстремальная жара и волны тепла становятся все более частыми и интенсивными во всем мире[25], вызывая крупные и разрушительные стихийные пожары. По мере быстрого потепления Арктики высокие температуры приводят к таянию многолетней мерзлоты.

Усиление положительной обратной связи: таяние многолетней мерзлоты

Многолетняя мерзлота — это многолетнемерзлые грунты. По мере ее таяния метан, хранящийся под землей, выбрасывается в воздух. Более того, потенциал глобального потепления метана более чем в 20 раз превышает потенциал CO_2 в 100-летнем временном масштабе[28].

Если это явление ускорится, существует высокий риск того, что изменение климата станет непредсказуемым, включая ускорение потепления выше 2 °C.

Нарушение гидрологического цикла

По мере нагревания поверхности суши и океана испарение и эвапотранспирация увеличиваются, создавая больше облаков и изменяя режимы осадков и стока. Повышение температуры повлечет за собой изменения на региональном и глобальном уровнях, что приведет к сдвигам в режиме осадков и сельскохозяйственных сезонах (рисунок 11)[26]. Усиление явлений Эль-Ниньо также способствует учащению засух и наводнений[27].

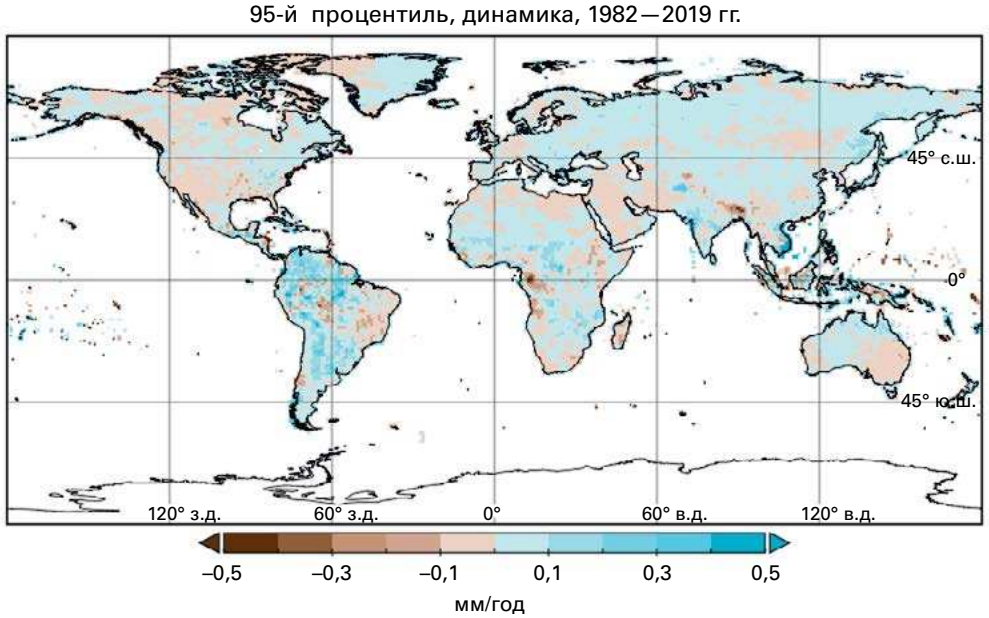


Рисунок 11. 95-й процентиль динамики общего количества ежедневных осадков с 1982 по 2019 год.
Источник: Глобальный центр климатологии осадков

Глобальная средняя приземная температура Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Рисунок 12. Сопутствующие риски повышения ГСПТ и ЦУР

Повышение температуры и увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений представляют собой значительную угрозу для человека и экологических систем (рисунок 12). Изменения и утрата как морского, так и наземного биоразнообразия, в первую очередь в результате утрата среды обитания, миграционных перемещений и трофических каскадов, окажут серьезное воздействие на экосистемные услуги и агроэкосистемы[29]. Даже незначительные изменения для одного вида могут в конечном итоге привести к утраты целых экосистем или исчезновению видов, что повлияет на задачи ЦУР 14.2 и 15.5. Совокупное воздействие повышения температуры, экстремальных метеорологических явлений, изменений характера осадков и утраты биоразнообразия имеет обширные негативные последствия для урожайности сельскохозяйственных культур и объемов вылова, что ставит под угрозу источники средств к существованию зависящих от них сообществ (задача ЦУР 1.5) и достижение продовольственной безопасности (показатели ЦУР 2.1.2 и 2.4.1)[30]. Повышение температуры и экстремальные явления также представляет угрозу для наличия, распределения и качества осадков, таяния снега, речного стока и грунтовых вод, что ведет к повышению риска дефицита воды и напрямую влияет на задачи ЦУР 6.1 и 6.4[31]. Кроме того, экстремальные явления способствуют повышению риска для здоровья людей, перемещению населения и повышению риска для инфраструктуры. Существует риск для здоровья, поскольку экстремальные явления могут повлиять на заболеваемость и смертность (задачи ЦУР 3.4 и 3.9), нарушить социальные и экологические условия, что, в свою очередь, способствует распространению болезней (задача ЦУР 3.3) и значительным травмам, которые могут повлиять на психическое здоровье (задача ЦУР 3.4)[32]. Изменение климата и миграционные сдвиги также усиливают распространение трансмиссивных заболеваний, таких как малярия, что еще больше повышает риски для здоровья[33].

Глобальная средняя приземная температура Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Рисунок 12. Сопутствующие риски повышения ГСПТ и ЦУР

Кроме того, экстремальные явления, проблемы со здоровьем, дефицит воды и необеспеченность продовольствием повышают риск краткосрочного и долгосрочного перемещения, что подрывает усилия по искоренению бедности и установлению земельных прав (показатель ЦУР 1.4.2), содействию социальной, экономической и политической интеграции (задача ЦУР 10.2), установлению трудовых прав (задача ЦУР 8.8) и улучшению психического здоровья (задача ЦУР 3.4)[34]. Сочетание повышенного риска перемещения и повышенного риска для здоровья, водной и продовольственной безопасности потенциально повышает вероятность возникновения конфликта, ставя под угрозу ЦУР 16.1[35]. Экстремальные явления создают угрозу для существующей инфраструктуры, подвергая риску здоровье (ЦУР 3); нанося ущерб домам, предприятиям (задача ЦУР 8.8) и сообществам (задачи ЦУР 1.5, 7.1, 9.1 и 11.b); нарушая транспортное сообщение (задача ЦУР 11.2); способствуя значительным экономическим потерям (задача ЦУР 1.5); и препятствуя развитию (задача ЦУР 11.b)[36].

Городской остров тепла еще больше усугубляет воздействие растущих температур на здоровье (ЦУР 3) и подпитывает спрос на углеродоемкие системы охлаждения (ЦУР 13)[37]. Наконец, повышение температуры вызывает таяние многолетней мерзлоты и ледников, что еще больше подрывает созданную инфраструктуру[38] и приводит к выбросу парниковых газов в атмосферу. Эта петля обратной связи подрывает любые действия, предпринимаемые странами в области климата (задача ЦУР 13.2). Важно подчеркнуть, что воздействие на продовольственную безопасность, дефицит воды, здоровье и средства к существованию не будет ощущаться всеми одинаково; последствия могут быть другими для тех, кто уже пострадал от существующего системного социально-экономического или гендерного неравенства[39].

Теплосодержание океана

Теплосодержание океана

Общие сведения

Мировой океан покрывает более 70 % поверхности Земли и обладает значительной способностью аккумулировать тепло, не вызывая существенного повышения температуры. Эта способность накапливать и отдавать тепло в течение длительных периодов времени отводит океану главную роль в стабилизации климатической системы Земли. По мере того как антропогенное изменение климата продолжает нагревать планету, океаны также нагреваются, что оказывает глубокое воздействие на жизнь человека и устойчивое развитие. Теплосодержание океана (ТСО) является важнейшим показателем состояния климата, учитывая то влияние, которое оно оказывает на погодные режимы, состав атмосферы, здоровье экосистем и биоразнообразие.

Измерение показателя

ТСО измеряет способность океана аккумулировать и переносить тепло посредством анализа подповерхностных температурных профилей. Как и в случае с ГСПТ (см. предыдущий раздел), ряд профилей температуры в определенном временном «окне» пространственно интерполируется для оценки глобального среднего значения относительно определенного базового периода[40]. Температурные измерения обычно предоставляются для поверхности (< 700 м) и глубины океана (700—2 000 м). Как показано на рисунке 13, среднее ТСО неуклонно растет и достигло рекордных уровней в 2019 году.

≈93 % накопленного тепла в результате антропогенного изменения климата хранится в Мировом океане[41].

Более **30 %** наблюдаемого повышения глобального среднего уровня моря связано с тепловым расширением морской воды[42].

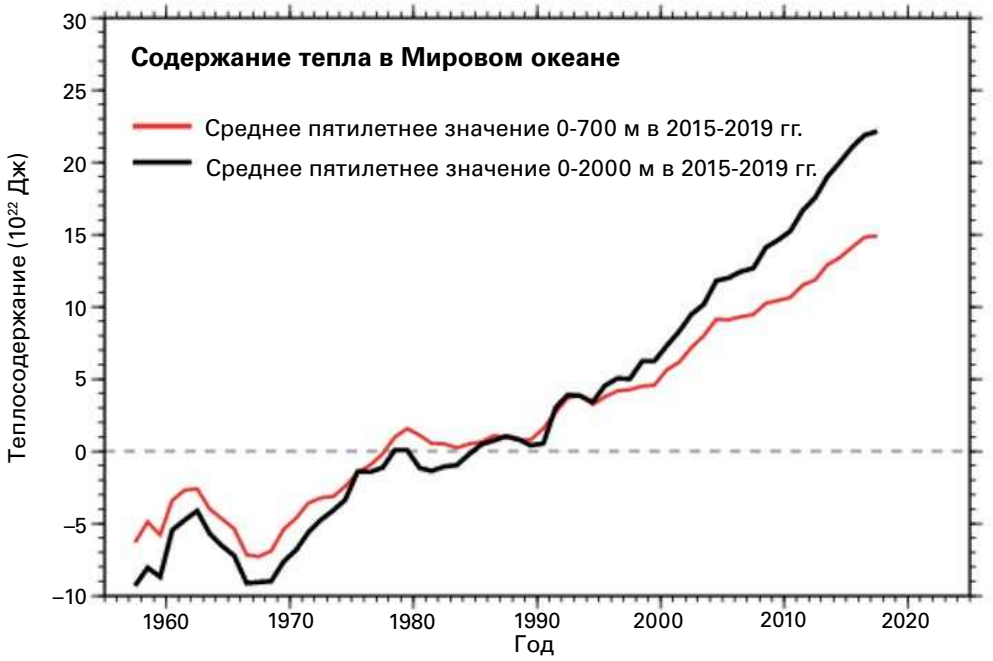


Рисунок 13. Содержание тепла в Мировом океане.
Источник: Обновлено по данным Levitus et al. World ocean heat content and thermosteric sea level change. *European Environment Agency* **2012**, https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ocean-heat-content-1/nlevitus-et-al.-2009-global.

Теплосодержание океана — основные последствия для климата

Потепление верхних и глубинных слоев океана

Увеличение плотности стратификации верхнего слоя океана

Наблюдаемое потепление поверхностных слоев океана и дополнительное поступление пресной воды делают поверхностные слои океана менее плотными по сравнению с более глубоководными частями. Такие различия в плотности препятствуют смешиванию поверхностных и глубинных вод[43].

Замедление океанической циркуляции и вентиляции

Препятствие смешиванию поверхностных и глубинных вод снижает объем питательных веществ и ограничивает вентиляцию океана (от поверхности в глубину), что отрицательно сказывается на способности океана поглощать углерод и кислород[44].

Обескислороживание океана

Нагретая вода удерживает меньше растворимого кислорода. Более того, увеличение стратификации океана препятствует обмену между верхними и глубинными водами. С 1970 года потери кислорода составили 0,5—3,3 %, а зоны с минимальным содержанием кислорода расширяются на 3—8 %[45].

Морские волны тепла

Морские волны тепла — это длительные периоды аномально высоких температур морской воды. Частота морских волн тепла удвоилась, они стали более продолжительными, интенсивными и обширными, оказывая значительное воздействие на морские экосистемы и промышленность[46].

Таяние ледяного щита и морского льда

Последствия потепления океана широко затрагивают криосферу Земли, так как плавучие шельфовые ледники истончаются, а ледяные щиты отступают (см. следующий раздел о протяженности морского льда)[47].

Тепловое расширение океана

При нагревании воды ее объем увеличивается.

В XXI веке на тепловое расширение приходится 30—55 % повышения среднего глобального уровня моря (см. раздел о повышении уровня моря далее)[48].

Усиление положительной обратной связи

Способность океана поглощать углерод

По мере нагревания воды и ослабления вентиляции океана способность океана накапливать CO_2 из атмосферы снижается[49]. Это еще больше увеличивает концентрацию CO_2 в атмосфере, создавая усиливающуюся положительную обратную связь.

Таяние гидратов метана

Гидраты метана — это залежи замороженного метана на дне океана. Потепление океана вызывает нестабильность гидратов и приводит к выбросам метана в атмосферу[50].

Теплосодержание океана
Основные последствия для целей в области устойчивого развития

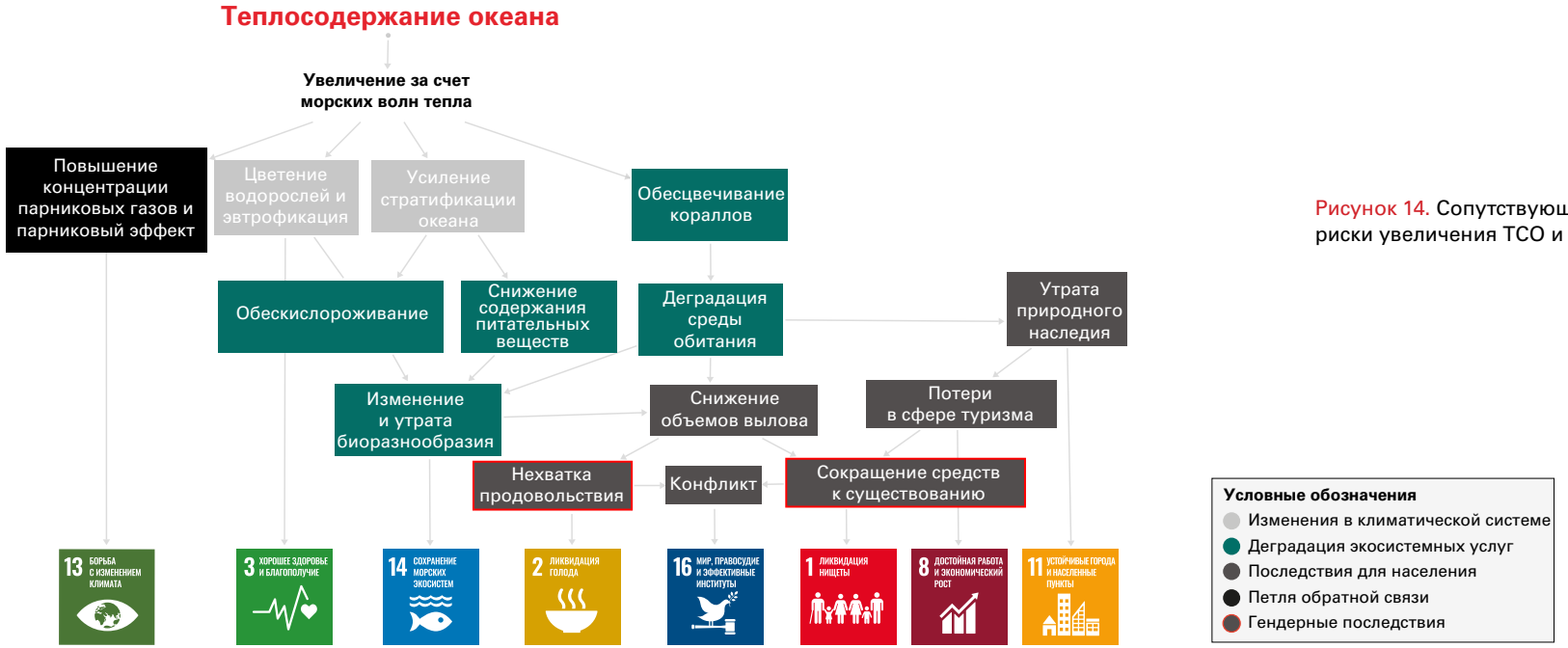
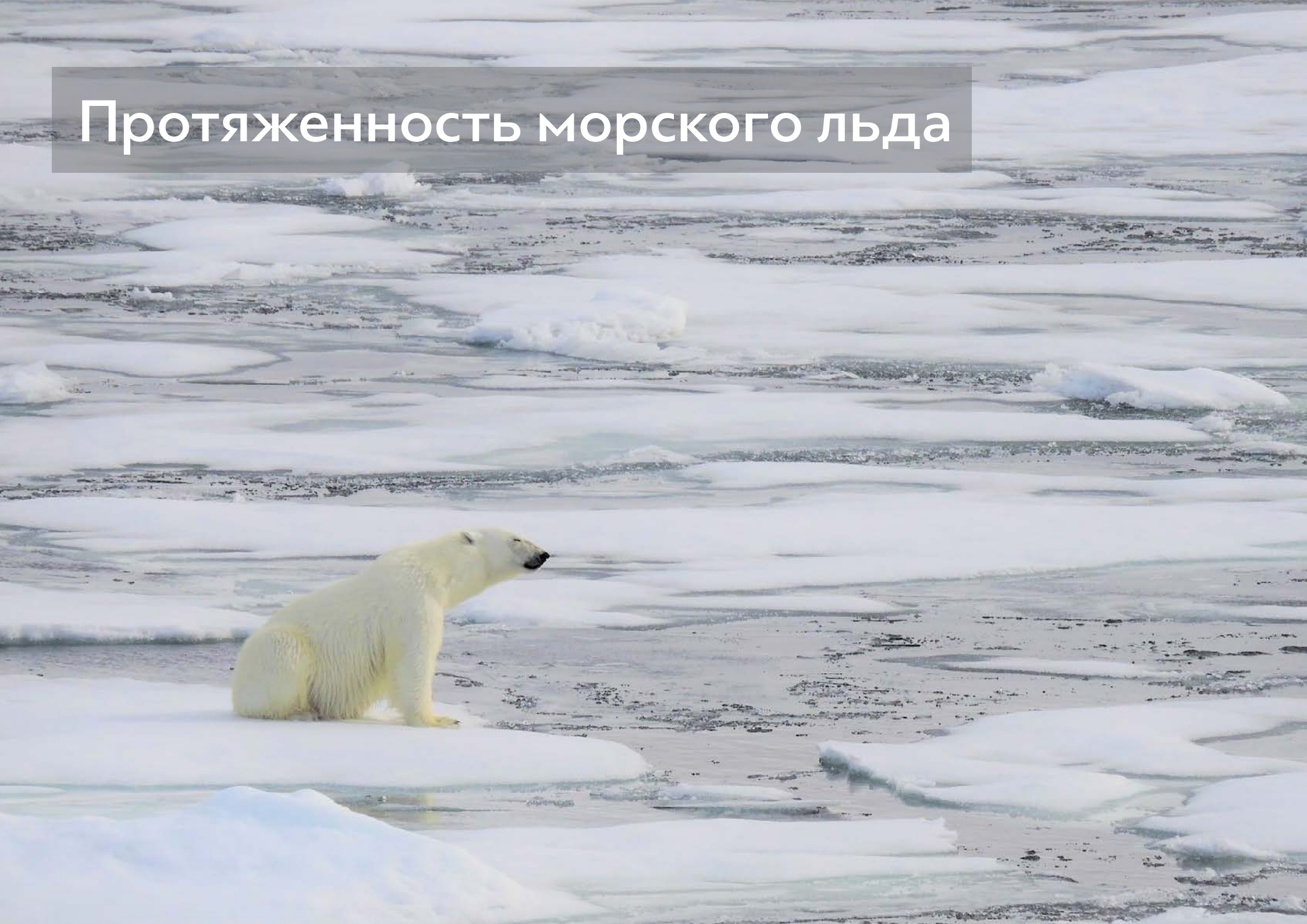


Рисунок 14. Сопутствующие риски увеличения ТСО и ЦУР

Поскольку океан играет ключевую роль в поддержании систем Земли, изменения температуры представляют собой несколько серьезных рисков для устойчивого развития (рисунок 14). Во-первых, повышение температуры может привести к таянию гидратов метана на глубине. При таянии гидраты выделяют в атмосферу метан — мощный парниковый газ[51]. Более того, повышение температуры воды и замедление вентиляции ограничивают способность океана поглощать углерод (см. предыдущую страницу), что увеличивает концентрацию парниковых газов в атмосфере и ставит под угрозу эффективность действий в области климата (задача ЦУР 13.2). Потепление, особенно в период морских волн тепла (см. предыдущую страницу), также может способствовать повышению риска цветения вредоносных водорослей и эвтрофикации. Цветение водорослей может не только вызвать обескислороживание и нанести вред морским видам и биоразнообразию, но и негативно отразиться на здоровье человека (задача ЦУР 3.9)[52]. На морские экосистемы также влияет увеличение стратификации океана, которая способствует обескислороживанию и может создавать барьеры для содержания питательных веществ. Повышение температуры может негативно повлиять на ключевые виды, такие как коралловые рифы[53]. В совокупности эти процессы могут привести к изменению или утрате морского биоразнообразия, что влияет на достижение задачи ЦУР 14.2. Кроме того, помимо коралловых рифов, повышение температуры также затрагивает объекты природного наследия, а также зависящие от них туристические возможности и средства к существованию, что создает риски для показателя ЦУР 11.4.1 и задач 8.9 и 1.5[54]. Наконец, изменения в биоразнообразии могут привести к снижению объемов вылова, что еще больше ставит под угрозу средства к существованию (задача ЦУР 1.4) и продовольственную безопасность (показатель ЦУР 2.1.2), а также потенциально может привести к конфликтам (ЦУР 16.1) в отношении морских ресурсов[55]. Важно отметить, что воздействие на продовольственную безопасность и средства к существованию имеет существенно иные последствия для тех, кто уже пострадал от существующего социально-экономического или гендерного системного неравенства[56].

Протяженность морского льда



Протяженность морского льда

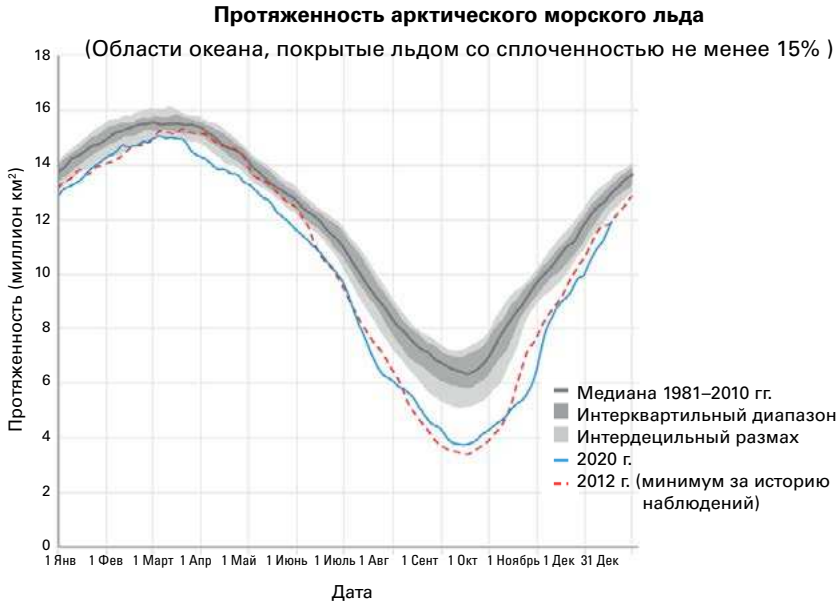
Общие сведения

Новости об изменении климата обычно сопровождаются изображениями тающих льдов в Арктике. Хотя изменение климата — более сложный вопрос, морской лед является его важным компонентом. Протяженность морского льда служит полезным показателем изменения климата, особенно учитывая то, как быстро происходят изменения на полюсах и насколько глобальными могут быть последствия изменений ледяного покрова, в частности, из-за обратной связи альбедо льда. В силу своего воздействия на морские ресурсы, экосистемы и пищевые цепи, протяженность морского льда является важнейшей климатической переменной.

Минимальная суточная протяженность арктического морского льда в сентябре 2020 года достигла второго из самых низких значений за всю историю спутниковых наблюдений[59].

Измерение показателя

Протяженность морского льда, определяемая как области океана, покрытые льдом, сплоченность которого составляет более 15 %[57], является наиболее широко используемым климатическим показателем для оценки долгосрочных изменений арктического и антарктического морского льда. Он измеряется пассивными микроволновыми спутниками, которые используют отражаемость для определения изменений[58]. Важно отметить, что мы многого не знаем о поведении морского льда на двух полюсах, о чем свидетельствует значительная разница в их сокращении с 1980 года (см. рисунок 15).



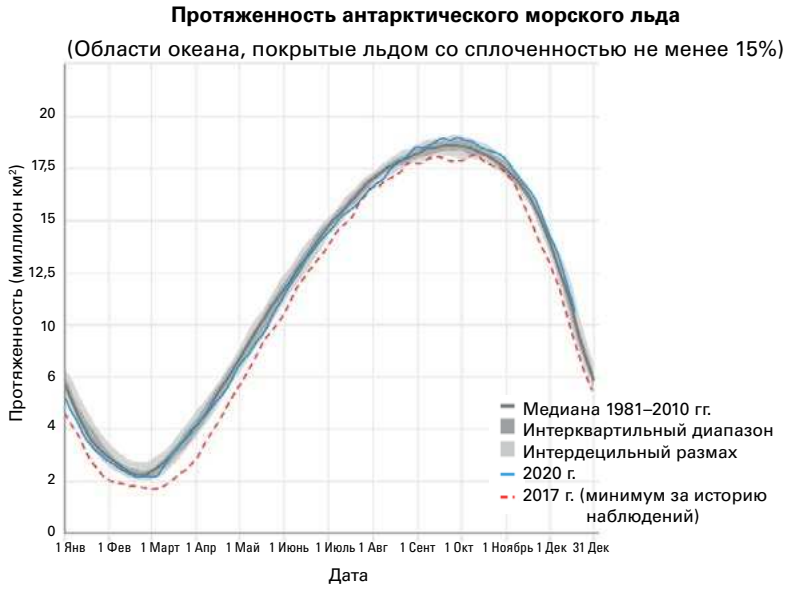


Рисунок 15. Аномалии протяженности морского льда в 1979—2020 гг. в Арктике (слева) и Антарктике (справа).
Источник: Национальный центр данных по снегу и льду, Боулдер, Колорадо, США

Протяженность морского льда — основные последствия для климата

Уменьшение альбедо поверхности и более быстрое локальное потепление: цикл обратной связи «таяние — потепление — таяние»

Светлые поверхности, такие как морской лед, обладают высокой отражательной способностью и отражают солнечный свет от Земли. По мере повышения глобальной температуры морской лед тает, количество светлой поверхности уменьшается, обнажая более темную поверхность талой воды и океана под ней. Более темные поверхности, в свою очередь, поглощают больше солнечного излучения. В результате температура воздуха и моря на поверхности повышается, что еще больше ускоряет местное потепление и таяние морского льда (рисунок 16). В течение зим (с января по март) 2016 и 2018 годов температура поверхности в центральной Арктике была на 6 °C выше среднего значения 1981—2010 годов, что способствовало беспрецедентному отсутствию морского льда в регионе[60].

Рисунок 16. Цикл обратной связи альбедо морского льда.
Источник: Центр климатических исследований Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (КУЛА)

Быстрое потепление Арктики и неустойчивое полярное струйное течение

Полярное струйное течение — это тип термического ветра, который возникает из-за сильного температурного контраста между холодным полярным воздухом и теплым тропическим воздухом. Поскольку Арктика нагревается быстрее, разница температур (сила температурного градиента) между полюсом и тропиками уменьшается. Чем слабее градиент температуры, тем слабее струйное течение. Таким образом, при движении струйного течения теплый воздух может подниматься на север, а холодный — опускаться на юг (рисунок 17; см. также раздел о ГСПТ)[61].

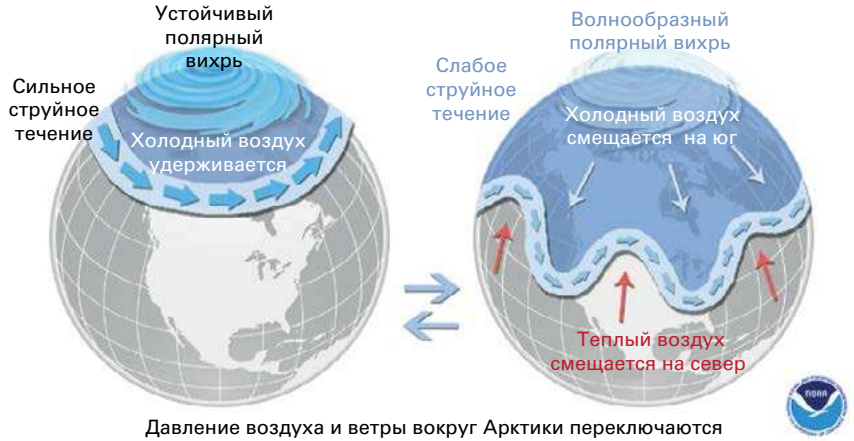


Рисунок 17. Научная основа полярного вихря.
Источник: НУОА

Протяженность морского льда
Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Протяженность морского льда

Рисунок 18. Сопутствующие риски снижения протяженности морского льда и ЦУР

Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Одним из последствий антропогенного изменения климата является таяние морского льда. Глобальное сокращение протяженности морского льда создает ряд рисков для ЦУР (рисунок 18). Во-первых, когда светлый лед тает и отражает меньше солнечного света, темный океан под ним обнажается и поглощает больше тепла. Такое изменение альбедо поверхности ускоряет потепление, тем самым подрывая прогресс в действиях по борьбе с изменением климата (задача ЦУР 13.2). Кроме того, по мере таяния льда под угрозой оказываются зависящие от него различные виды, от водорослей и зоопланктона до белых медведей и тюленей[62].

Учитывая трофические связи в морских экосистемах, изменения в арктическом и антарктическом морском льду могут иметь глобальные последствия, угрожая жизни на суше и под водой (задачи ЦУР 15.5 и 14.2). Такие изменения биоразнообразия могут также повлиять на средства к существованию (задача ЦУР 1.4) и продовольственную безопасность (показатель ЦУР 2.1.2), которые зависят от объемов вылова[63]. Наконец, с уменьшением количества ледовых заторов появятся новые маршруты для транспортировки, что приведет к увеличению коммерческого судоходства и, возможно, усилению загрязнения, что нанесет еще больший ущерб морской флоре и фауне (задачи ЦУР 14.2, 14.c и 6.6) и приведет к конфликтам (ЦУР 16.1)[64].

Баланс массы ледников

Баланс массы ледников

Общие сведения

Ледники распространены по всей планете, с концентрацией в высокогорных хребтах Азии, в Северной и Южной Америке. К ледникам также относятся ледяные щиты в Антарктиде и Гренландии. При повышении температуры ледники тают и способствуют повышению уровня моря. Поскольку ледники являются поставщиками экосистемных услуг и пресной воды для миллионов людей во всем мире, исчезновение ледников имеет прямые и значительные последствия как для глобального климата, так и для устойчивого развития.

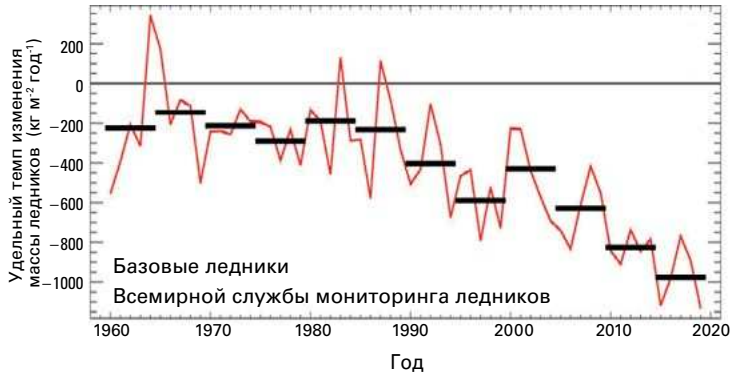


Рисунок 19. Изменение массы ледников с 1960 по 2020 год. *Источник*: ВМО

Измерение показателя

Баланс массы ледника определяется как сумма всех приростов и потерь массы льда[65]. Несмотря на ограниченные данные, полученные до 1960-х годов, существующие модели ледников и наблюдения за длиной ледников вплоть до XVI века указывают на значительные глобальные потери с момента максимума так называемого Малого ледникового периода около 1850 года[66]. С 1960 года наблюдаются значительные потери (рисунок 19), включая полное исчезновение целых ледников. Как показано на рисунке 20, за последнее десятилетие потери массы ледников составили почти треть текущего повышения уровня моря[67].

2019/20 год стал **тридцать третьим годом непрерывного** отрицательного баланса массы ледников[68].

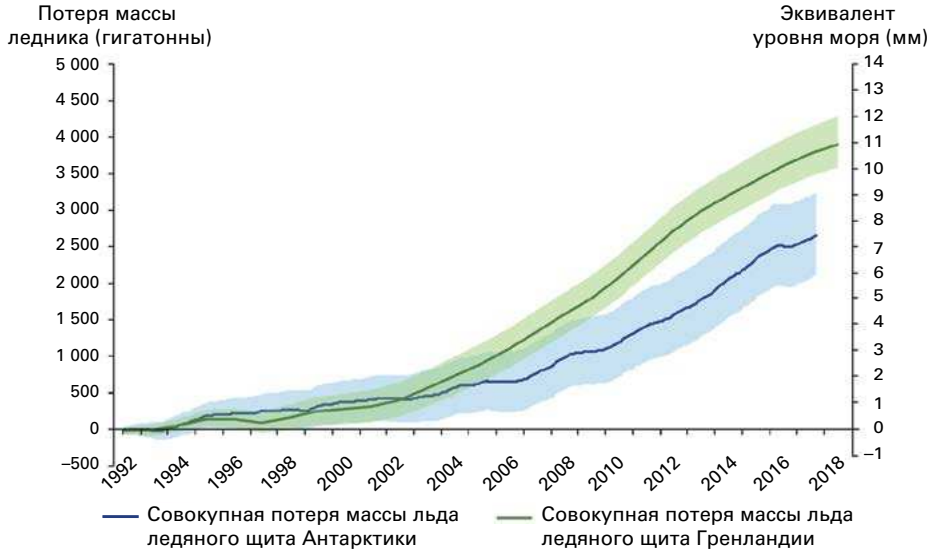


Рисунок 20. Совокупная потеря массы льда в Гренландии и Антарктиде в гигатоннах в год (Гт/год). *Источник*: Европейское агентство по окружающей среде

Баланс массы ледников — основные последствия для климата

Таяние ледяного щита и ледяных шапок

Ледяные щиты и ледяные шапки — это ледники разных размеров. Ледяной щит (или материковый ледник) — это масса льда площадью более 50 000 км^2, покрывающая окружающую местность. На сегодняшний день единственные ледяные щиты находятся в Антарктиде и Гренландии. Ледяная шапка — это масса льда, которая покрывает менее 50 000 км^2 участков суши (обычно — высокогорные участки)[69].

Повышение уровня моря

Таяние ледяных щитов в Гренландии и Антарктиде, а также таяние льда ледников по всему миру вызывает повышение уровня моря. Существует угроза того, что ледяной щит, покрывающий Западную Антарктиду, может сползти в океан. Обрушение может занять сотни лет, но оно поднимет уровень мирового океана более чем на три метра[70].

Снижение оползневой устойчивости высокогорных склонов

Таяние многолетней мерзлоты и деградация ледников снизили оползневую устойчивость высокогорных склонов, что привело к повышению риска обвалов, грязевых оползней и лавин[71].

Таяние ледяного щита Гренландии может замедлить глобальную термохалинную циркуляцию

Глобальная термохалинная циркуляция (рисунок 21) — это система океанических течений, которые переносят тепло, углерод и питательные вещества по всему миру. В то время как поверхностные течения в основном движутся под действием ветра, глубинные течения обусловлены перепадами в плотности воды, которые зависят как от температуры (термо), так и от солености (халин) воды.

Недавние исследования показали, что замедление циркуляции океана можно частично объяснить продолжающимся потеплением и таянием в Гренландии[72].

Поскольку океанические течения влияют на температурные и погодные режимы, их замедление, вероятно, приведет к экстремальным погодным условиям, таким как более холодные зимы и более жаркое лето[73]. Согласно МГЭИК, замедление циркуляции океана, скорее всего, вызовет экстремальные погодные условия, повышение интенсивности и частоты штормов и повышение уровня моря в Северной Атлантике, а также избыток тепла в Южной Атлантике, что приведет к учащению наводнений, выбросов метана и засух[74].

1 На полюсах, поскольку вода из тропиков становится более соленой и холодной (а следовательно, более плотной), она опускается, образуя глубинные воды.

2 Процесс поднятия глубинных вод на поверхность, называемый апвеллингом.

3 Теплое поверхностное течение направляется на север к Гренландии, завершая цикл.

Рисунок 21. Глобальная конвейерная лента.
Источник: Национальное географическое общество

Баланс массы ледников
Основные последствия для целей в области устойчивого развития

Рисунок 22. Сопутствующие риски снижения баланса массы ледников и ЦУР

Ледники теряют свою массу, создавая ряд рисков для ЦУР (рисунок 22), особенно учитывая то, что в высокогорных регионах проживает около 10 % населения мира[75]. Когда холодная ледниковая вода тает в океане, это нарушает существующую термохалинную циркуляцию (см. предыдущую страницу), что в свою очередь снижает способность океана поглощать CO_2, подрывая эффективность действий по борьбе с изменением климата (задача ЦУР 13.2). Изменение циркуляции океана также существенно изменит погодные модели по всему миру, что представляет угрозу для наземной среды обитания и экосистем (задачи ЦУР 15.1 и 15.3). По мере таяния ледников и увеличения продолжительности бесснежного сезона растения и животные вынуждены менять ареал обитания и создавать новые места обитания, что приводит к изменениям в биоразнообразии и исчезновению видов (задачи ЦУР 15.1 и 15.3)[76].

Кроме того, снижение баланса массы ледников означает значительные изменения в таянии снега. Долгосрочные изменения в таянии снега и поверхностных стоках, которые являются важнейшими источниками пресной воды, угрожают надежному доступу к безопасной, чистой питьевой воде и источникам гидроэлектроэнергии (задачи ЦУР 6.1 и 7.1)[77]. Поскольку ледники тают все быстрее, возникает дополнительный риск затоплений, который может привести к загрязнению источников воды, что ставит под угрозу задачи ЦУР 6.1 и 6.3[78]. Наводнения и нехватка воды также негативно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур, угрожая зависящим от них средствам к существованию (задача ЦУР 1.5) и продовольственной безопасности (показатели ЦУР 2.1.2 и 2.4.1). Кроме того, таяние ледников может вызвать быстрые изменения оползневой устойчивости склонов, повышая риск обвалов, грязевых оползней и лавин. Такие экстремальные явления угрожают жизни людей (задача ЦУР 11.5), существующей инфраструктуре — домам, предприятиям (задача ЦУР 8.8) и сообществам (задачи ЦУР 1.5, 9.1 и 11.b), нарушают работу транспорта (задача ЦУР 11.2) и способствуют значительным экономическим потерям (задача ЦУР 1.5) и препятствуют развитию (задача ЦУР 11.b)[79]. Наконец, ледники предоставляют значительные возможности для туризма (задача ЦУР 8.9) и культурные услуги (задача ЦУР 11.4), но средства к существованию, зависящие от них, подвергаются опасности по мере уменьшения массы ледников (задача ЦУР 1.4)[80]. Важно отметить, что многие последствия изменения массы ледников будут по-разному ощущаться в разных странах мира, учитывая сложившееся социально-экономическое и гендерное неравенство[81].

Повышение уровня моря

Повышение уровня моря

Общие сведения

Повышение уровня моря является одним из наиболее часто рассматриваемых последствий антропогенного изменения климата. Оно также является одним из важнейших показателей, так как отражает изменения, происходящие в нескольких различных компонентах климатической системы и их взаимодействии. На повышение уровня моря в первую очередь влияет ТСО, поскольку вода расширяется при нагревании, и масса ледников, когда ледниковый лед тает в море (см. разделы, посвященные ТСО и балансу массы ледников).

Повышение уровня моря создает значительные физические и финансовые риски для прибрежных сообществ, продовольственных систем и экосистем. От финансовых затрат на ремонт или замену инфраструктуры, поврежденной в результате наводнений, до социальных и политических издержек, связанных с перемещением населения и необеспеченностью продовольствием, повышение уровня моря представляет собой значительную угрозу для устойчивого развития.

Измерение показателя

Поскольку уровень моря может временно меняться, для демонстрации долгосрочных изменений необходимо среднее глобальное значение. Исторически, глобальный средний уровень моря измерялся мареографами, но с 1993 года он отслеживается спутниковой альтиметрией с почти полным глобальным охватом[83]. Такой охват позволяет международному сообществу наблюдать за постоянными тенденциями роста. Рисунок 23 демонстрирует проблемы, связанные с глобальным средним уровнем моря, с учетом того, что некоторые регионы сталкиваются с более существенным повышением уровня моря, чем другие.

За последние двадцать семь лет глобальный средний уровень моря **повышался** примерно на **3,2 (± 0,3) мм в год**[82].

Региональные тенденции изменения среднего уровня моря (янв. 1993 г. — май 2017 г.), (Служба по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник», КНЕС/КЛС)

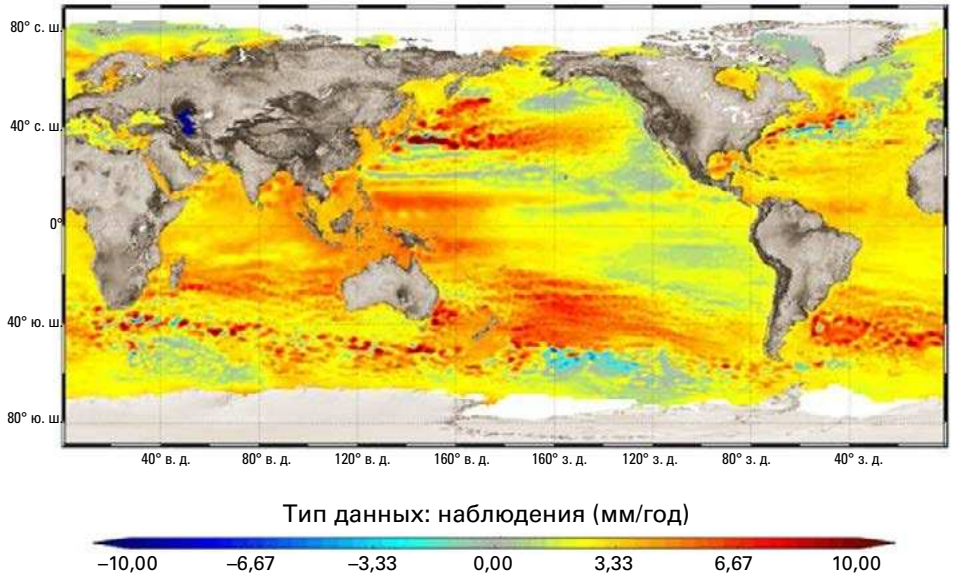


Рисунок 23. Региональная вариативность тенденций изменения уровня моря за 1993—2019 годы на основе спутниковой альтиметрии.
Источник: программа «Коперник»/ Центр сбора спутниковой информации (КЛС)/ Национальный центр космических исследований (КНЕС)/ Лаборатория геофизических, океанографических и космических исследований (ЛЕГОС))

Повышение уровня моря – основные последствия для климата

Опасные явления в прибрежных районах

Экстремальные явления, связанные с уровнем моря

Экстремальные уровни моря и опасные явления в прибрежных районах будут усугубляться увеличением интенсивности тропических циклонов и осадков[84].

Согласно проекциям, изменения волн, возникающие в результате изменения погодных режимов, и изменения в приливо-отливных явлениях, вызванные повышением уровня моря, могут локально усиливать или сглаживать воздействие опасных явлений в прибрежной зоне.

Береговая эрозия

На береговую эрозию влияют уровень моря, течения, ветры и волны (особенно во время штормов, которые могут придать дополнительную энергию), в результате чего береговая линия отступает вглубь суши. Увеличение высоты волн может привести к тому, что прибрежные песчаные валы будут удаляться от берега и смываться в море. Сильные штормовые нагоны также имеют тенденцию перемещать прибрежный песок в море. Более высокие волны и нагоны увеличивают вероятность того, что прибрежные песчаные барьеры и дюны будут смыты или разрушены (рисунок 24). Более энергичные и/или частые штормы могут усугубить все эти эффекты[85].

Затопление прибрежных водно-болотных угодий

Растительные прибрежные экосистемы защищают береговую линию от штормов и эрозии и помогают смягчить последствия повышения уровня моря.

Тем не менее, почти 50 % прибрежных водно-болотных угодий были утрачены за последние 100 лет в результате совокупного воздействия локализованных антропогенных нагрузок, повышения уровня моря, потепления и экстремальных климатических явлений[86].

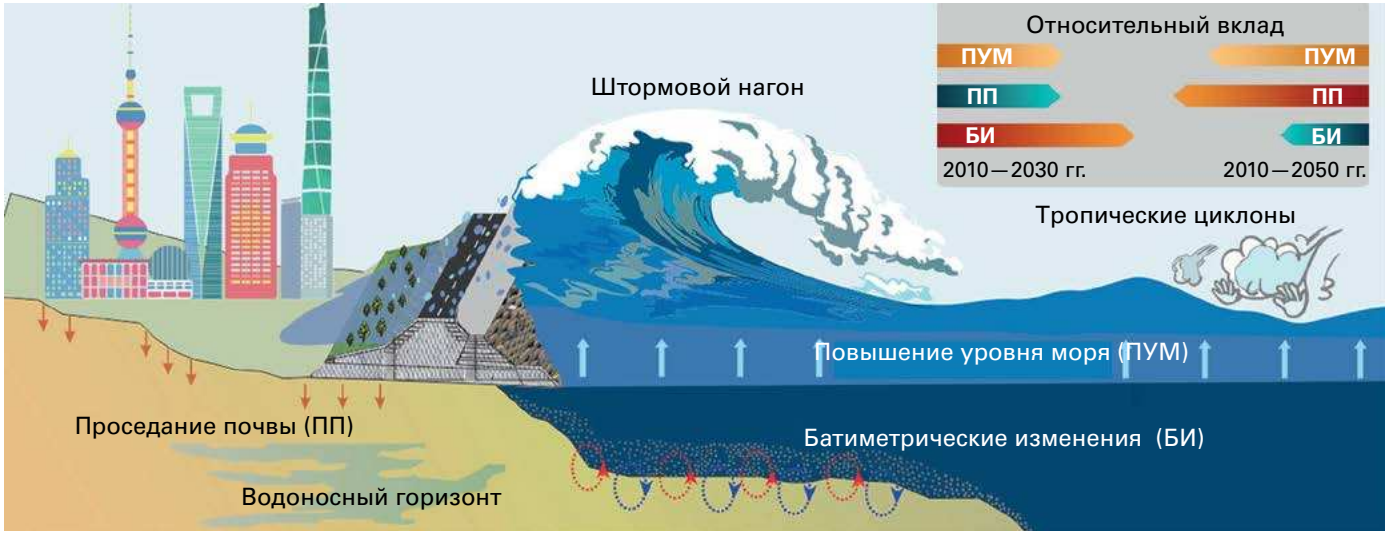


Рисунок 24. Комплексные опасные прибрежные явления, связанные с повышением уровня моря, батиметрическими изменениями и тропическими циклонами
Источник: Wang, J. et al. Effects of Sea Level Rise, Land Subsidence, Bathymetric Change and Typhoon Tracks on Storm Flooding in the Coastal Areas of Shanghai. *Science of The Total Environment* **2018**, 621, 228–234. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.224.

Повышение уровня моря
Основные последствия для целей в области устойчивого развития

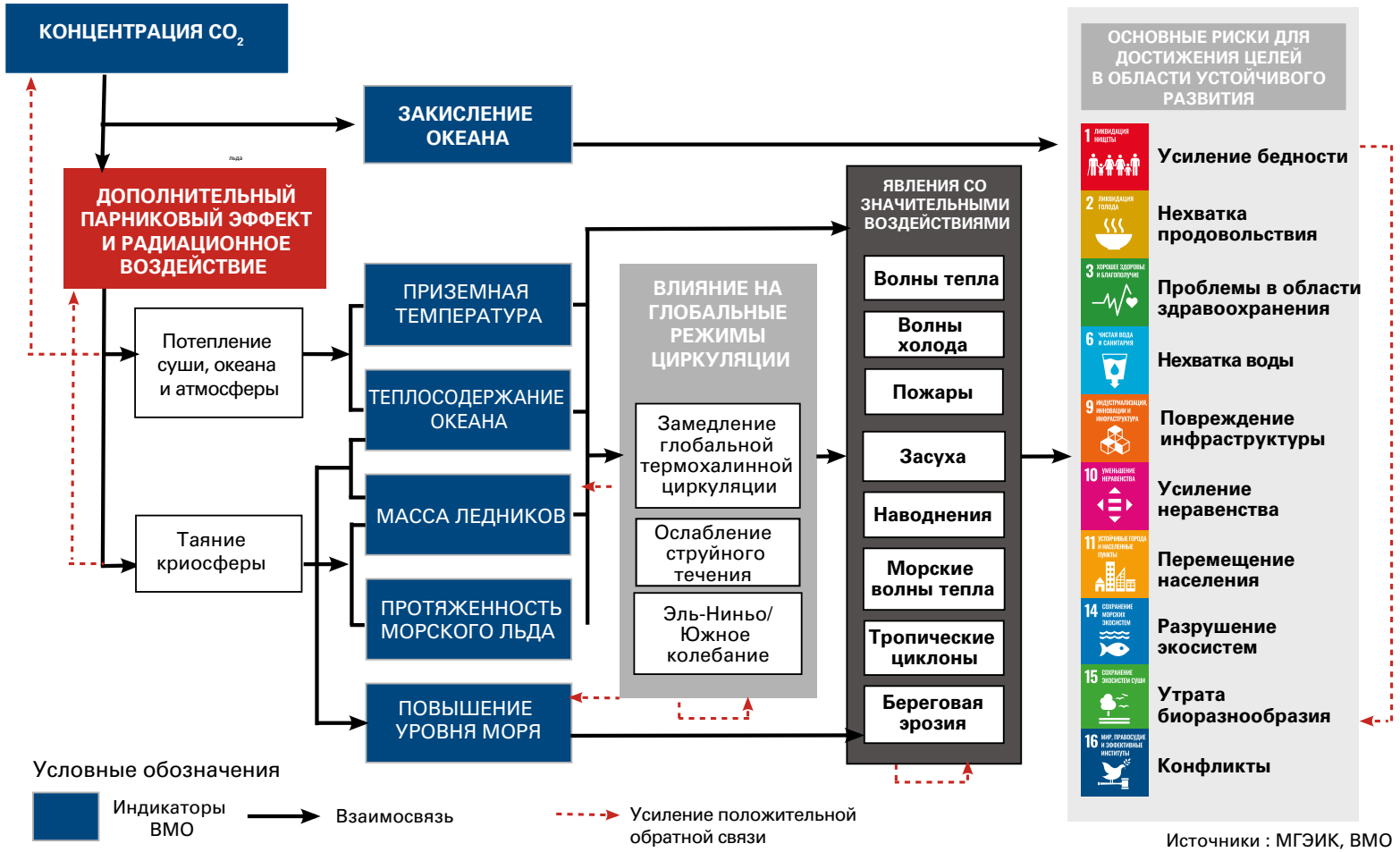
Рисунок 25. Сопутствующие риски повышения уровня моря и ЦУР

По мере повышения уровня моря возрастает вероятность возникновения экстремальных явлений и затопления прибрежных зон (рисунок 25). Эти явления повреждают инфраструктуру, тем самым создавая риски для зданий, предприятий и сообществ (задачи ЦУР 1.5, 9.1 и 11.b), ставя под угрозу доступ к чистой воде (задача ЦУР 6.1), нарушая работу транспорта (задача ЦУР 11.2) и вызывая существенные экономические потери и препятствуя развитию (задачи ЦУР 11.5 и 11.b)[87]. Риски, связанные с затоплением и экстремальными явлениями, также с большей вероятностью могут привести к временному или долгосрочному перемещению населения[88]. Перемещение может подорвать усилия по искоренению бедности (показатель ЦУР 1.4.2), содействию социальной, экономической и политической интеграции (задача ЦУР 10.2) и установлению трудовых прав (задача ЦУР 8.8). Кроме того, повышение уровня моря и затопление прибрежных зон могут поставить под угрозу экосистемы, вызывая изменения в температуре и солености воды, изменяя доступный свет и затопляя растения и животных[89]. Такая утрата и деградация прибрежных экосистем ставит под угрозу задачи ЦУР 14.1, 14.2 и 15.1. Почвы в низинных прибрежных районах могут затопляться соленой водой, которая загрязняет почву и наносит вред сельскохозяйственным культурам, создавая значительный риск для урожайности сельского хозяйства и порождая угрозу для обеспечения средств к существованию (задачи ЦУР 1.4 и 1.5) и продовольственной безопасности (показатели ЦУР 2.1.2 и 2.4.1)[90]. Также может произойти засоление грунтовых вод. В сочетании с повышенным риском загрязнения воды во время наводнений, засоление угрожает доступу к безопасной и чистой питьевой воде (задачи ЦУР 6.1 и 6.3). Засоление воды может также иметь пагубные последствия для здоровья населения, проживающего в прибрежных и дельтовых районах (задача ЦУР 3.9)[91]. Поскольку чистая вода, продовольственная безопасность и средства к существованию находятся под угрозой, возрастает риск возникновения местных конфликтов, что потенциально увеличивает риск перемещения населения[92]. Наконец, важно отметить, что многие последствия повышения температуры будут по-разному ощущаться в разных странах мира, учитывая сложившееся социально-экономическое и гендерное неравенство[93].

Основные выводы

Изменение климата **усиливает существующее неравенство** и **представляет угрозу для основных потребностей**, таких как **пища, вода, здоровье, жилье, экономическая безопасность** и **коллективный мир во всем мире**.

Достижение **углеродной нейтральности к 2030 году** является необходимым условием для **снижения климатических рисков для устойчивого развития**.



Источники : МГЭИК, ВМО

Заключение

Для того чтобы достичь ЦУР к 2030 году, необходимо осознать риски, связанные с антропогенным изменением климата. Цель данного доклада — дать общий обзор, чтобы продемонстрировать связи между глобальным климатом и ЦУР, которые выходят далеко за рамки ЦУР 13, касающейся действий в области климата. Каждый из семи климатических показателей, рассмотренных в докладе (концентрация CO_2, закисление океана, ГСПТ, ТСО, протяженность морского льда, баланс массы ледников и повышение уровня моря), представляет серьезную угрозу для устойчивого развития. **Самое главное, почти каждый климатический показатель влияет на биоразнообразие, тем самым создавая потенциальные проблемы для достижения продовольственной безопасности (ЦУР 2), решения проблемы бедности (ЦУР 1) и поддержания мира (ЦУР 16).**

Уровень достоверности каждого риска, указанного в данном докладе, различен; предстоит провести много исследований для устранения остающихся научных пробелов. Поэтому данный доклад следует рассматривать как живой документ, который будет часто обновляться с учетом самых последних климатических данных и исследований. Кроме того, следует отметить, что в докладе освещены только 13 из 17 ЦУР. Тем не менее, оставшиеся четыре ЦУР тоже играют свою роль: гендерное равенство (ЦУР 5) является важнейшим компонентом многих выявленных рисков, особенно связанных со здоровьем, продовольственной безопасностью и дефицитом воды. Повышение качества образования (ЦУР 4), глобальное партнерство (ЦУР 17) и устойчивое потребление (ЦУР 12) могут стать частью решения проблемы, смягчая последствия антропогенного изменения климата или помогая полностью остановить его. По мере того, как международное сообщество все больше осознает взаимосвязь между изменением климата и устойчивым развитием, может возникнуть больше междисциплинарных партнерств для осуществления преобразований, что приведет к более устойчивому поведению и потреблению. Мы надеемся, что этот доклад может послужить основой **для расширения междисциплинарных исследований и развития сотрудничества, улучшения разработки политики и укрепления приверженности как ЦУР, так и действиям по борьбе с изменением климата**. От этого зависит наше будущее.

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи		Показатели	
1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах	**1.4**	К 2030 году обеспечить, чтобы все мужчины и женщины, особенно малоимущие и уязвимые, имели равные права на экономические ресурсы, а также доступ к базовым услугам, владению и распоряжению землей и другими формами собственности, наследуемому имуществу, природным ресурсам, соответствующим новым технологиям и финансовым услугам, включая микрофинансирование	**1.4.2**	Доля совокупного взрослого населения, обладающего гарантированными правами землевладения, которые подтверждены признанными законом документами, и считающего свои права на землю гарантированными, в разбивке по полу и по формам землевладения
	1.5	К 2030 году повысить жизнестойкость малоимущих и лиц, находящихся в уязвимом положении, и уменьшить их незащищенность и уязвимость перед вызванными изменением климата экстремальными явлениями и другими экономическими, социальными и экологическими потрясениями и бедствиями		
2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства	**2.1**	К 2030 году покончить с голодом и обеспечить всем, особенно малоимущим и уязвимым группам населения, включая младенцев, круглогодичный доступ к безопасной, питательной и достаточной пище	**2.1.2**	Уровень умеренного или острого отсутствия продовольственной безопасности населения по «Шкале восприятия отсутствия продовольственной безопасности» (ФИЕС)
	2.4	К 2030 году обеспечить создание устойчивых систем производства продуктов питания и внедрить методы ведения сельского хозяйства, которые позволяют повысить жизнестойкость и продуктивность и увеличить объемы производства, способствуют сохранению экосистем, укрепляют способность адаптироваться к изменению климата, экстремальным погодным явлениям, засухам, наводнениям и другим бедствиям и постепенно улучшают качество земель и почв	**2.4.1**	Доля площади сельскохозяйственных угодий, на которых применяются продуктивные и неистощительные методы ведения сельского хозяйства

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи		Показатели	
3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте	**3.3**	К 2030 году положить конец эпидемиям СПИДа, туберкулеза, малярии и тропических болезней, которым не уделяется должного внимания, и обеспечить борьбу с гепатитом, заболеваниями, передаваемыми через воду, и другими инфекционными заболеваниями		
	3.4	К 2030 году уменьшить на треть преждевременную смертность от неинфекционных заболеваний посредством профилактики и лечения и поддержания психического здоровья и благополучия	**3.4.1**	Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, рака, диабета, хронических респираторных заболеваний
	3.9	К 2030 году существенно сократить количество случаев смерти и заболевания в результате воздействия опасных химических веществ и загрязнения и отравления воздуха, воды и почв	**3.9.1**	Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха
6. Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех	**6.1**	К 2030 году обеспечить всеобщий и равноправный доступ к безопасной и недорогой питьевой воде для всех		
	6.3	К 2030 году повысить качество воды посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сброса отходов и сведения к минимуму выбросов опасных химических веществ и материалов, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования сточных вод во всем мире		
	6.4	К 2030 году существенно повысить эффективность водопользования во всех секторах и обеспечить устойчивый забор и подачу пресной воды для решения проблемы нехватки воды и значительного сокращения числа людей, страдающих от нехватки воды		
	6.6	К 2020 году обеспечить охрану и восстановление связанных с водой экосистем, в том числе гор, лесов, водно-болотных угодий, рек, водоносных слоев и озер		

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи	Показатели
7. Обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех	**7.1** К 2030 году обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению	**7.1.1** Доля населения, имеющего доступ к электроэнергии
8. Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех	**8.8** Защищать трудовые права и содействовать обеспечению надежных и безопасных условий работы для всех трудящихся, включая трудящихся-мигрантов, особенно женщин-мигрантов, и лиц, не имеющих стабильной занятости	
	8.9 К 2030 году обеспечить разработку и осуществление стратегий поощрения устойчивого туризма, который способствует созданию рабочих мест, развитию местной культуры и производству местной продукции	
9. Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям	**9.1** Развивать качественную, надежную, устойчивую и стойкую инфраструктуру, включая региональную и трансграничную инфраструктуру, в целях поддержки экономического развития и благополучия людей, уделяя особое внимание обеспечению недорогого и равноправного доступа для всех	
10. Сокращение неравенства внутри стран и между ними	**10.2** К 2030 году поддержать законодательным путем и поощрять активное участие всех людей в социальной, экономической и политической жизни независимо от их возраста, пола, инвалидности, расы, этнической принадлежности, происхождения, религии и экономического или иного статуса	

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи	Показатели
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов	**11.2** К 2030 году обеспечить, чтобы все могли пользоваться безопасными, недорогими, доступными и экологически устойчивыми транспортными системами, на основе повышения безопасности дорожного движения, в частности расширения использования общественного транспорта, уделяя особое внимание нуждам тех, кто находится в уязвимом положении, женщин, детей, инвалидов и пожилых лиц	
	11.4 Активизировать усилия по защите и сохранению всемирного культурного и природного наследия	**11.4.1** Общая сумма расходов (государственных и частных) в расчете на душу населения на цели сохранения и защиты всего культурного и природного наследия в разбивке по видам наследия (культурное, природное, смешанного характера и признанное объектом всемирного наследия Центром всемирного наследия), уровню государственной подведомственности (национальный, региональный и местный/муниципальный), видам расходов (эксплуатационные расходы/капиталовложения) и видам частного финансирования (пожертвования в натуральной форме, частный некоммерческий сектор и спонсорство)
	11.5 К 2030 году существенно сократить число погибших и пострадавших и значительно уменьшить прямой экономический ущерб в виде потерь мирового валового внутреннего продукта в результате бедствий, в том числе связанных с водой, уделяя особое внимание защите малоимущих и уязвимых групп населения	

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи	Показатели
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов (продолжение)	**11.b** К 2020 году значительно увеличить число городов и населенных пунктов, принявших и осуществляющих комплексные стратегии и планы, направленные на устранение социальных барьеров, повышение эффективности использования ресурсов, смягчение последствий изменения климата, адаптацию к его изменению и способность противостоять стихийным бедствиям, и разработать и внедрить в соответствии с Сендайской рамочной программой по снижению риска бедствий на 2015–2030 годы меры по комплексному управлению связанными с бедствиями рисками на всех уровнях	
13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями	**13.2** Включить меры реагирования на изменение климата в политику, стратегии и планирование на национальном уровне	
14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития	**14.1** К 2025 году обеспечить предотвращение и существенное сокращение любого загрязнения морской среды, в том числе вследствие деятельности на суше, включая загрязнение морским мусором и питательными веществами	
	14.2 К 2020 году обеспечить рациональное использование и защиту морских и прибрежных экосистем с целью предотвратить значительное отрицательное воздействие, в том числе путем повышения стойкости этих экосистем, и принять меры по их восстановлению для обеспечения хорошего экологического состояния и продуктивности океанов	
	14.3 Минимизировать и ликвидировать последствия закисления океана, в том числе благодаря развитию научного сотрудничества на всех уровнях	**14.3.1** Средняя кислотность (pH) морской воды, измеряемая в согласованной группе репрезентативных станций отбора проб

Приведенные цели, задачи и показатели устойчивого развития

ЦУР	Задачи		Показатели
14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития (продолжение)	**14.c**	Улучшить работу по сохранению и рациональному использованию океанов и их ресурсов путем соблюдения норм международного права, закрепленных в Конвенции Организации Объединенных Наций по морскому праву, которая, как отмечено в пункте 158 документа «Будущее, которого мы хотим», закладывает юридическую базу для сохранения и рационального использования Мирового океана и его ресурсов	
15. Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия	**15.1**	К 2020 году обеспечить сохранение, восстановление и рациональное использование наземных и внутренних пресноводных экосистем и их услуг, в том числе лесов, водно-болотных угодий, гор и засушливых земель, в соответствии с обязательствами, вытекающими из международных соглашений	
	15.3	К 2030 году вести борьбу с опустыниванием, восстановить деградировавшие земли и почвы, включая земли, затронутые опустыниванием, засухами и наводнениями, и стремиться к тому, чтобы во всем мире не ухудшалось состояние земель	
	15.5	Незамедлительно принять значимые меры по сдерживанию деградации природных сред обитания, остановить утрату биологического разнообразия и к 2020 году обеспечить сохранение и предотвращение исчезновения видов, находящихся под угрозой вымирания	
16. Содействие построению миролюбивого и открытого общества в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях	**16.1**	Значительно сократить распространенность всех форм насилия и уменьшить показатели смертности от этого явления во всем мире	

Ссылки

1. Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon et al. Chapter 8. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf.

2. Концентрация парниковых газов в атмосфере достигла нового рекордного уровня https://public.wmo.int/ru/media/пресс-релизы/ концентрация-парниковых-газов-в-атмосфере-достигла-нового-рекордного-уровня.

3. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

4. Monroe, R. Rise of Carbon Dioxide Unabated https://scripps.ucsd.edu/news/rise-carbon-dioxide-unabated.

5. Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. et al. Chapter 5. Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.

6. Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon et al. Chapter 8. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf.

7. Dong, J.; Gruda, N.; Lam, S. K. et al. Effects of Elevated CO_2 on Nutritional Quality of Vegetables: A Review. *Frontiers in Plant Science* **2018**, 9, 924. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00924.

   Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. P.R. Shukla, Skea, J., Calvo Buendia, E. et al., Eds. In press. 2019. https://www.ipcc.ch/srccl/.

8. Jacobson, T. A.; Kler, J. S.; Hernke, M. T. et al. Direct Human Health Risks of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. *Nature Sustainability* **2019**, 2 (8), 691–701. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0323-1.

9. Ocean-Atmosphere CO_2 Exchange https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/ocean-atmosphere-co2-exchange/.

10. How does climate change affect coral reefs? https://oceanservice.noaa.gov/facts/coralreef-climate.html.

11. Facts and figures on ocean acidification | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/focus-areas/rio-20-ocean/blueprint-for-the-future-we-want/ocean-acidification/facts-and-figures-on-ocean-acidification/.

12. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

13. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change;* Field, C. B., Barros, V. R., Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds.; Cambridge University Press: New York, NY, 2014. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf.

14. Heron, S. F.; Eakin, C. M.; Douvere, F. et al. *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs : A First Global Scientific Assessment.* Paris, UNESCO World Heritage Centre. 2017. https://whc.unesco.org/document/158688.

15. Allemand, D.; Osborn, D. Ocean Acidification Impacts on Coral Reefs: From Sciences to Solutions. *Regional Studies in Marine Science* **2019**, 28, 100558. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100558.

    Hoegh-Guldberg, O.; Poloczanska, E. S.; Skirving, W.; et al. Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification. *Frontiers in Marine Science* **2017**, 4, 158. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158.

16. Agarwal, B. Gender Equality, Food Security and the Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2018**, 34, 26–32. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.002.

17. Spijkers, J.; Morrison, T. H.; Blasiak, R. et al. Marine Fisheries and Future Ocean Conflict. *Fish and Fisheries* **2018**, 19 (5), 798–806. https://doi.org/10.1111/faf.12291.

Ссылки

18. МГЭИК, 2014: *Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата* [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf.

19. Buis, A. NASA's Global Climate Change Website, *A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter* https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter.

20. *Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году*. ВМО-№ 1248. ВМО, 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21714#.YUCc150zaUk.

21. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

22. Larsen, J.N., Anisimov, O.A.; Constable, A. et al. Chapter 9. Polar regions. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Barros, V.R., Field, C.B.; Dokken, D.J. et al., Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/polar-regions/.

23. Rhein, M., Rintoul, S.R., Aoki, S. et al. Chapter 3. Observations: Ocean. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter03_FINAL.pdf.

24. *Sea Surface Temperature - Essential Climate Variables (ECV). Factsheet.* Global Climate Observing System, World Meteorological Organization. https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables/sst.

25. Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D. et al. Chapter 3. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).* Field, C.B., Barros, V. , Stocker, T.F. et al., Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf.

26. *The Water Cycle*, Earth Observatory https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water/page3.php.

27. Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J. at al. Chapter 12. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf.

28. Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P. et al. Chapter 2. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., Qin, D., Manning, M. et al. Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf.

29. Pecl, G. T.; Araújo, M. B.; Bell, J. D.; Blanchard, J. et al. Biodiversity Redistribution under Climate Change: Impacts on Ecosystems and Human Well-Being. *Science* **2017**. https://doi.org/10.1126/science.aai9214.

    Nunez, S.; Arets, E.; Alkemade, R. et al. Assessing the Impacts of Climate Change on Biodiversity: Is below 2 °C Enough? *Climatic Change* **2019**, 154 (3), 351–365. https://doi.org/10.1007/s10584-019-02420-x.

30. Zhao, C.; Liu, B.; Piao, S. et al. Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates. *PNAS* **2017**, 114 (35), 9326–9331. https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114.

    Maharjan, K. L.; Joshi, N. P. *Climate Change, Agriculture and Rural Livelihoods in Developing Countries*; Springer Japan, 2015.

Ссылки

Lewis, P.; Monem, M. A.; Impiglia, A. *Impacts of climate change on farming systems and livelihoods in the near east and North Africa.* With a special focus on small-scale family farming. Cairo. FAO. 2018. http://www.fao.org/3/ca1439en/CA1439EN.pdf.

Kabir, M. E.; Serrao-Neumann, S. Climate Change Effects on People's Livelihood. In *Climate Action*; Leal Filho, W., Azul, A. M., Brandli, L. et al., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2020; 167–179. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9_7.

31. Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W. et al. Chapter 3. Freshwater resources. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Barros, V.R., Field, C.B.; Dokken, D.J. et al., Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 229-269. 2014. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf.

32. Bell, J. E.; Brown, C. L.; Conlon, K. et al. Changes in Extreme Events and the Potential Impacts on Human Health. *Journal of the Air & Waste Management Association* **2018**, 68 (4), 265–287. https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017.

Hayes, K.; Blashki, G.; Wiseman, J. e al. Climate Change and Mental Health: Risks, Impacts and Priority Actions. *International Journal of Mental Health Systems* **2018**, 12 (1), 28. https://doi.org/10.1186/s13033-018-0210-6.

33. Campbell-Lendrum, D.; Manga, L.; Bagayoko, M. et al. Climate Change and Vector-Borne Diseases: What Are the Implications for Public Health Research and Policy? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **2015**, 370 (1665), 20130552. https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0552.

34. Hugo, G. Future Demographic Change and Its Interactions with Migration and Climate Change. *Global Environmental Change* **2011**, 21, S21–S33. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.008.

35. When Rain Turns to Dust: Understanding and responding to the combined impact of armed conflicts and the climate and environment crisis on people's lives. 2020. https://www.icrc.org/sites/default/files/topic/file_plus_list/rain_turns_to_dust_climate_change_conflict.pdf.

Bellemare, M. F. Rising Food Prices, Food Price Volatility, and Social Unrest. *American Journal of Agricultural Economics* **2015**, 97 (1), 1–21. https://doi.org/10.1093/ajae/aau038.

Hendrix, C. S.; Salehyan, I. Climate Change, Rainfall, and Social Conflict in Africa. *Journal of Peace Research* **2012**, 49 (1), 35–50. https://doi.org/10.1177/0022343311426165.

36. Stewart, M. G.; Deng, X. Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000809.

37. Galdies, C.; Lau, H. S. Urban Heat Island Effect, Extreme Temperatures and Climate Change: A Case Study of Hong Kong SAR. In *Climate Change, Hazards and Adaptation Options: Handling the Impacts of a Changing Climate*; Leal Filho, W., Nagy, G. J., Borga, M. et al., Eds.; Climate Change Management; Springer International Publishing: Cham, 2020; 369–388. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37425-9_20.

Perera, A. T. D.; Nik, V. M.; Chen, D. et al. Quantifying the Impacts of Climate Change and Extreme Climate Events on Energy Systems. *Nature Energy* **2020**, 5 (2), 150–159. https://doi.org/10.1038/s41560-020-0558-0.

38. Hjort, J.; Karjalainen, O.; Aalto, J. et al. Degrading Permafrost Puts Arctic Infrastructure at Risk by Mid-Century. *Nature Communications* **2018**, 9 (1), 5147. https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4.

39. Women at the Frontline of Climate Change: Gender Risks and Hopes. GRID-Arendal https://www.grida.no/publications/198.

40. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

Bell, J. E.; Brown, C. L.; Conlon, K. et al. Changes in Extreme Events and the Potential Impacts on Human Health. *Journal of the Air & Waste Management Association* **2018**, 68 (4), 265–287. https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1401017.

41. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/.

Ссылки

42. Dahlman, L., Lindsey, R. Climate Change: Ocean Heat Content. Climate.Gov; National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content.

43. Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. et al. Chapter 5. Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.

44. Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. et al. Chapter 5. Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.

45. Rabalais, N. N. Hypoxia. In *Encyclopedia of Ocean Sciences* (Second Edition); Steele, J. H., Ed.; Academic Press: Oxford, 2009; 172–180. https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00646-9.

    Bindoff, N. L.; Cheung, W. W. L.; Kairo, J. G. et al. Chapter 5. Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/09_SROCC_Ch05_FINAL-1.pdf.

46. Collins M., Sutherland, M., Bouwer, L. et al. Chapter 6. Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/10_SROCC_Ch06_FINAL.pdf.

47. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/.

48. Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A. et al. Chapter 13. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.

49. Marsay, C. M.; Sanders, R. J.; Henson, S. A. et al. Attenuation of Sinking Particulate Organic Carbon Flux through the Mesopelagic Ocean. *PNAS* **2015**, 112 (4), 1089–1094. https://doi.org/10.1073/pnas.1415311112.

50. Gray, E.; NASA's Earth Science News Tea, NASA's Earth Science News. Unexpected future boost of methane possible from Arctic permafrost. 2018. https://climate.nasa.gov/news/2785/unexpected-future-boost-of-methane-possible-from-arctic-permafrost.

51. Gray, E.; NASA's Earth Science News Tea, NASA's Earth Science News. Unexpected future boost of methane possible from Arctic permafrost. 2018. https://climate.nasa.gov/news/2785/unexpected-future-boost-of-methane-possible-from-arctic-permafrost.

52. Algal Blooms. National Institute of Environmental Health Sciences. https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/algal-blooms/index.cfm.

53. Dahlman, L., Lindsey, R. Climate Change: Ocean Heat Content. Climate.Gov; National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content.

54. Dahlman, L., Lindsey, R. Climate Change: Ocean Heat Content. Climate.Gov; National Oceanic and Atmospheric Administration. 2020. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content.

55. Ocean warming. International Union for Conservation of Nature (IUCN). https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/ocean-warming.

    Spijkers, J.; Morrison, T. H.; Blasiak, R. et al. Marine Fisheries and Future Ocean Conflict. *Fish and Fisheries* **2018**, 19 (5), 798–806. https://doi.org/10.1111/faf.12291.

56. Agarwal, B. Gender Equality, Food Security and the Sustainable Development Goals. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2018**, 34, 26–32. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.07.002.

57. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

58. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

59. *Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году*. ВМО-№ 1248. ВМО, 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21714#.YUCc150zaUk.

Ссылки

60. Meredith, M., Sommerkorn, M., Cassotta, S. et al., Chapter 3. Polar Regions. In : I*PCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf.

61. Overland, J.; Dunlea, E.; Box, J. E. et al. The Urgency of Arctic Change. *Polar Science* **2019**, 21, 6–13. https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.11.008.

62. State of the Arctic Marine Biodiversity Report. CAFF - Marine Monitoring Publications https://www.caff.is/marine/marine-monitoring-publications/state-of-the-arctic-marine-biodiversity-report.

63. Nilsson, A. E.; Nilsson, L. M.; Quinlan, A. et al. Food Security in the Arctic: Preliminary Reflections from a Resilience Perspective. In: *Arctic Resilience Interim Report 2013*; Nilsson, A. E., Eds.; Arctic Council, Arctic Resilience Interim Report 2013. Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, Stockholm. 2013, 113-117. https://oaarchive.arctic-council.org/bitstream/handle/11374/1628/MM08_Arctic_Resilience_Interim_Report_2013_LR.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

    Anisimov, O. A.; Vaughan, D. G.; Callaghan, T. et al. Chapter 15. Polar Regions (Arctic and Antarctic). In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P. et al., Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 653-685. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg2-chapter15-1.pdf.

64. Guy, E.; Lasserre, F. Commercial Shipping in the Arctic: New Perspectives, Challenges and Regulations. *Polar Record* **2016**, 52 (3), 294–304. https://doi.org/10.1017/S0032247415001011.

    Gulas, S.; Downton, M.; D'Souza, K. et al. Declining Arctic Ocean Oil and Gas Developments: Opportunities to Improve Governance and Environmental Pollution Control. *Marine Policy* **2017**, 75, 53–61. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.10.014.

    Keil, K. Spreading Oil, Spreading Conflict? Institutions Regulating Arctic Oil and Gas Activities. *The International Spectator* **2015**, 50 (1), 85–110. https://doi.org/10.1080/03932729.2014.993863.

65. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

66. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

67. Zemp, M.; Huss, M.; Thibert, E. et al. Global Glacier Mass Changes and Their Contributions to Sea-Level Rise from 1961 to 2016. *Nature* **2019**, 568 (7752), 382–386. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1071-0.

68. *Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году*. ВМО-№ 1248. ВМО, 2020. https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21714#.YUCc150zaUk.

69. Siegert, M.; Atkinson, A.; Banwell, A. et al. The Antarctic Peninsula Under a 1.5°C Global Warming Scenario. *Frontiers in Environmental Science* **2019**, 7, 102. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00102.

70. Bamber, J. L.; Riva, R. E. M.; Vermeersen, B. L. A. et al. Reassessment of the Potential Sea-Level Rise from a Collapse of the West Antarctic Ice Sheet. *Science* **2009**, 324 (5929), 901-902. https://doi.org/10.1126/science.1169335.

71. Hock, R., Rasul, G.; Adler, C. et al. Chapter 2. High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.

72. Caesar, L.; Rahmstorf, S.; Feulner, G. On the Relationship between Atlantic Meridional Overturning Circulation Slowdown and Global Surface Warming. *Environmental Research Letters* **2020**, 15 (2), 024003. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab63e3.

    Haskins, R. K.; Oliver, K. I. C.; Jackson, L. C. et al. Temperature Domination of AMOC Weakening Due to Freshwater Hosing in Two GCMs. *Climate Dynamics* **2020**, 54 (1), 273–286. https://doi.org/10.1007/s00382-019-04998-5.

    Bakker, P.; Schmittner, A.; Lenaerts, J. T. M. et al. Fate of the Atlantic Meridional Overturning Circulation: Strong Decline under Continued Warming and Greenland Melting. *Geophysical Research Letters* **2016**, 43 (23), 12,252-12,260. https://doi.org/10.1002/2016GL070457.

73. Sutton, R. T.; Hodson, D. L. R. Atlantic Ocean Forcing of North American and European Summer Climate. Science 2005, 309 (5731), 115-118. https://www.doi.org/10.1126/science.1109496.

Ссылки

74. Collins M., Sutherland, M., Bouwer, L. et al. Chapter 6. Extremes, Abrupt Changes and Managing Risk. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/10_SROCC_Ch06_FINAL.pdf.

75. Hock, R., Rasul, G.; Adler, C. et al. Chapter 2. High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.

76. Cauvy-Fraunié, S.; Dangles, O. A Global Synthesis of Biodiversity Responses to Glacier Retreat. *Nature Ecology & Evolution* **2019**, 3 (12), 1675–1685. https://doi.org/10.1038/s41559-019-1042-8.

77. Milner, A. M.; Khamis, K.; Battin, T. J. et al. Glacier Shrinkage Driving Global Changes in Downstream Systems. *PNAS* **2017**, 114 (37), 9770–9778. https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114.

78. Hock, R., Rasul, G.; Adler, C. et al. Chapter 2. High Mountain Areas. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/06_SROCC_Ch02_FINAL.pdf.

79. Stewart, M. G.; Deng, X. Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000809.

80. Milner, A. M.; Khamis, K.; Battin, T. J. et al. Glacier Shrinkage Driving Global Changes in Downstream Systems. *PNAS* **2017**, 114 (37), 9770–9778. https://doi.org/10.1073/pnas.1619807114.

81. Denton, F. Climate Change Vulnerability, Impacts, and Adaptation: Why Does Gender Matter? *Gender & Development* **2002**, 10 (2), 10–20. https://doi.org/10.1080/13552070215903.

    Women at the Frontline of Climate Change: Gender Risks and Hopes. GRID-Arendal https://www.grida.no/publications/198.

82. Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A. et al. Chapter 13. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K. et al., Eds.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf.

83. Trewin, B.; Cazenave, A.; Howell, S. et al. Headline Indicators for Global Climate Monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2021**, 102 (1), E20–E37. https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0196.1.

84. Oppenheimer, M., Glavovic , B.C.; Hinkel, J. et al. Chapter 4. Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In : *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D.C.; Masson-Delmotte, V. et al., Eds.; 2019. In press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/08_SROCC_Ch04_FINAL.pdf.

85. Harley, M. D.; Turner, I. L.; Kinsela, M. A. et al. Extreme Coastal Erosion Enhanced by Anomalous Extratropical Storm Wave Direction. *Scientific Reports* **2017**, 7 (1), 6033. https://doi.org/10.1038/s41598-017-05792-1.

86. МГЭИК, 2019: *Резюме для политиков*. Содержится в: *Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата* [Х.-О. Пёртнер, Д.К. Робертс, В.Массон-Дельмотт, П. Чжай, М. Тигнор, Э. Положанска, К. Минтенбек, М. Николаи, Э. Окем, Я. Петцольд, Б. Рама, Н.М. Вейер (ред.)]. В печати, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC_SPM_ru.pdf.

87. Stewart, M. G.; Deng, X. Climate Impact Risks and Climate Adaptation Engineering for Built Infrastructure. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering* **2015**, 1 (1), 04014001. https://doi.org/10.1061/AJRUA6.0000809

88. Hugo, G. Future Demographic Change and Its Interactions with Migration and Climate Change. *Global Environmental Change* **2011**, 21, S21–S33. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.008.

89. Bellard, C.; Leclerc, C.; Courchamp, F. Impact of Sea Level Rise on the 10 Insular Biodiversity Hotspots. *Global Ecology and Biogeography* **2014**, 23 (2), 203–212. https://doi.org/10.1111/geb.12093.

90. Faisal, I.; Parveen, S. Food Security in the Face of Climate Change, Population Growth and Resource Constraints. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **2009**, 6 (51), 512001. https://doi.org/10.1088/1755-1307/6/51/512001.

Ссылки

91. Vineis, P.; Chan, Q.; Khan, A. Climate Change Impacts on Water Salinity and Health. *Journal of Epidemiology and Global Health* **2011**, 1 (1), 5–10. https://doi.org/10.1016/j.jegh.2011.09.001.

    Chakraborty, R.; Khan, K. M.; Dibaba, D. T. et al. Health Implications of Drinking Water Salinity in Coastal Areas of Bangladesh. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2019**, 16 (19), 3746. https://doi.org/10.3390/ijerph16193746.

92. When Rain Turns to Dust: Understanding and responding to the combined impact of armed conflicts and the climate and environment crisis on people's lives. 2020. https://www.icrc.org/sites/default/files/topic/file_plus_list/rain_turns_to_dust_climate_change_conflict.pdf.

93. Gender, Climate Change and Health. WHO. 2014. https://www.who.int/publications-detail-redirect/gender-climate-change-and-health.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

Strategic Communications Office
Cabinet Office of the Secretary-General

Тел: +41 (0) 22 730 83 14 – Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Электронная почта: communications@wmo.int

public.wmo.int

JN 21999