Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2018 году

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА

ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1233

ВМО-№ 1233

© Всемирная метеорологическая организация, 2019

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:

Chairperson, 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
Э-почта: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-41233-1

Следующие участники внесли вклад в подготовку Заявления: Джон Кеннеди (Метеорологическое бюро СК), Сельвараи Рамасами (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО)), Робби Эндрю (Центр международных исследований климата и окружающей среды (СИСЕРО), Норвегия), Сальваторе Арико (Межправительственная океанографическая комиссия Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (МОК-ЮНЕСКО)), Эрин Бишоп (Управление Верховного комиссара ООН по делам беженцев (УВКБ ООН)), Гэйр Браатен (ВМО), Пеп Канаделл (Организация по научным и промышленным исследованиям для стран Содружества, Австралия), Анни Казанав (Лаборатория геофизических, океанографических и космических исследований Национального центра космических исследований и Обсерватория Юг-Пиренеи, Франция), Джейк Круч (Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы (НУОА), США), Кристель Дамар (Отдел Международной организации гражданской авиации (ИКАО) по вопросам защиты окружающей среды), Нил Диксон (Отдел ИКАО по вопросам защиты окружающей среды), Джейн Хьюп (Отдел ИКАО по вопросам защиты окружающей среды), Пьер Фридлингстайн (Университет Эксетера), Мэдлин Гарлик (УВКБ ООН), Марк Гордон (Управление Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий (УСРБ ООН)), Татьяна Ильина (Институт метеорологии имени Макса Планка), Дина Ионеско (Международная организация по миграции (МОМ)), Кирстен Исензее (МОК-ЮНЕСКО), Роберт Б. Джексон (Стэндфордский университет), Маартен Каппель (Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)), Сари Ковац (Лондонская школа гигиены и тропической медицины), Корин Ле Кере (Центр Тиндаля по научным исследованиям изменения климата), Сьюн Ли (МОМ), Изабель Мишель (УВКБ ООН), Виржиния Мюррей (ВОЗ), Софья Палли (УСРБ ООН), Гиоргия Перголини (Всемирная продовольственная программа (ВПП)), Глен Питерс (СИСЕРО), Илеана Синциана Пускас (МОМ), Эрик Риньо (Калифорнийский университет, Ирвайн), Катерина Счуу (МОК-ЮНЕСКО), Джой Шумейк-Гиймо (Бюро ВМО/ВОЗ по вопросам климата и здоровья), Майкл Спэрроу (ВМО), Нейл Сварт (Министерство окружающей среды Канады), Оксана Тарасова (ВМО), Блэр Тревин (Бюро метеорологии, Австралия), Фрея Вамборг (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП)), Цзин Чжэн (ЮНЕП), Маркус Цис (Метеорологическая служба Германии (Deutscher Wetterdienst (DWD)).

Следующие учреждения также внесли вклад: ИКАО, МОК-ЮНЕСКО, МОМ, ФАО, ЮНЕП, УВКБ ООН, УСРБ ООН, ВПП и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

При участии следующих стран: Австралия, Австрия, Алжир, Аргентина, Армения, Бельгия, Бразилия, Венгрия, Германия, Греция, Грузия, Дания, Израиль, Индия, Индонезия, Иордания, Ирак, Иран, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Катар, Кения, Кипр, Китай, Коста-Рика, Кот-д'Ивуар, Кувейт, Латвия, Лесото, Ливия, Малайзия, Мали, Марокко, Мексика, Нигерия, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Объединенная Республика Танзания, Объединенные Арабские Эмираты, Пакистан, Польша, Португалия, Республика Корея, Республика Молдова, Российская Федерация, Сербия, Словения, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки, Тунис, Турция, Украина, Фиджи, Филиппины, Финляндия, Франция, Хорватия, Центрально-Африканская Республика, Чехия, Чили, Швейцария, Швеция, Эстония, Южная Африка и Япония.

Данные предоставлены: Глобальным центром климатологии осадков (DWD), Центром имени Гадлея Метеорологического бюро СК, национальными центрами информации об окружающей среде НУОА (НЦИОС НУОА), ЕЦСПП, Институтом космических исследований имени Годдарда Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), Японским метеорологическим агентством (ЯМА), Глобальной службой атмосферы ВМО, Национальным центром данных по снегу и льду (НЦДСЛ) США, Глобальной лабораторией снега Университета Рутгерса, Обсерваторией Мауна-Лоа, Инициативой «Голубой углерод», Глобальной сетью по кислороду океана, Глобальной сетью наблюдения за закислением океана, Международным органом по бассейну реки Нигер, Гонконгской обсерваторией, Панарктическим региональным форумом по ориентировочным прогнозам климата, Инициативой Европейского космического агентства в области изменения климата, Службой мониторинга морской среды в рамках программы «Коперник» и АВИСО (архивация, валидация и интерпретация спутниковых океанографических данных), Всемирной службой мониторинга ледников (ВСМЛ) и Университетом штата Колорадо.

Иллюстрация на обложке: Lugard Road, Victoria Peak of Hong Kong, China; фотограф: Chi Kin Carlo Yuen, Hong Kong, China

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 **3**

Заявление Генерального секретаря Организации Объединенных Наций **4**

Заявление Председателя Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций **5**

Показатели состояния климата **6**

Температура 6

Определение показателей состояния климата 7

Источники данных и базовые уровни глобальной температуры 8

Парниковые газы и озон 9

Прибрежный «голубой» углерод **10**

Океаны 13

Деоксигенация открытого океана и прибрежных вод **14**

Тенденции потепления в Южном океане **15**

Криосфера 17

Баланс массы антарктического ледяного щита **19**

Факторы, влияющие на межгодовую изменчивость 21

Экстремальные явления 23

Климатические риски и связанные с ними всеобщие последствия **30**

Сельскохозяйственная и продовольственная безопасность 30

Перемещение населения и мобильность людей 31

Жара и здоровье 33

Воздействия на окружающую среду 33

Влияние тепла на здоровье **34**

Загрязнение воздуха и изменение климата **36**

Международная гражданская авиация и адаптация к изменению климата **38**

2018 год стал четвертым в ряду самых теплых лет в истории наблюдений

2015—2018 годы стали четырьмя самыми теплыми в истории наблюдений на фоне сохранения долгосрочной тенденции потепления

Значения теплосодержания океанов находятся на рекордно высокой отметке, а глобальный средний уровень моря продолжает расти

Протяженность арктического и антарктического морского льда намного ниже среднего

Экстремальные явления погоды повлияли на жизнь людей и устойчивое развитие на всех континентах

Средняя глобальная температура достигла отметки примерно на 1 °C выше доиндустриального уровня

Мы не на правильном пути для достижения целей в области изменения климата и сдерживания повышения температуры

Каждая доля градуса глобального потепления имеет значение

Предисловие

2018 год знаменует двадцать пятую годовщину публикации *Заявления ВМО о состоянии глобального климата*, которое было впервые выпущено в 1994 году. Издание 2019 года, в котором рассматриваются данные за 2018 год, охватывает систематические международные усилия, направленные на информирование, анализ и понимание межгодовой изменчивости и долгосрочных трендов изменения климата.

В течение этого периода ежегодно подготавливалась и распространялась важная информация о климате в целях непрерывного информирования государств — членов ВМО, системы Организации Объединенных Наций и лиц, принимающих решения, о состоянии климатической системы. Эта публикация дополняет цикл выпускаемых каждые пять-семь лет отчетов Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), в которых содержится обновленная информация для Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН) и других политических рамочных основ, связанных с климатом.

С момента публикации первого Заявления климатология достигла беспрецедентного уровня достоверности, предоставляя фактическое подтверждение повышения глобальной температуры и связанных с этим явлений, таких как повышение уровня моря, таяние морского льда, потеря массы ледников, и экстремальных явлений, связанных с повышением температур, таких как волны тепла. Однако все еще существуют области, которые нуждаются в дополнительных наблюдениях и научных исследованиях, в том числе оценка вклада изменения климата в поведение экстремальных явлений, а также его влияние на океанские течения и атмосферные струйные течения, которые могут вызывать экстремальные похолодания в одних районах и умеренные условия в других.

Основные результаты исследований в настоящем Заявлении включают экстраординарное непрерывное рекордное потепление, наблюдавшееся с 2015 по 2018 год, непрерывную тенденцию роста концентраций основных парниковых газов в атмосфере, увеличение темпов повышения уровня моря и потерю морского льда как в северных, так и в южных полярных регионах.

Понимание связи между наблюдаемой изменчивостью и изменением климата и связанным с этим воздействием на общество также улучшилось благодаря успешному сотрудничеству родственных учреждений в рамках системы Организации Объединенных Наций. В настоящей публикации описываются некоторые из таких связей, которые были зарегистрированы за последние годы, в особенности в период с 2015 по 2018 год, когда отмечалось сильное влияние явлений Эль-Ниньо и Ла-Нинья вдобавок к долгосрочному изменению климата.

Глобальная температура поднялась почти до 1 °C выше показателя доиндустриального периода. Время, остающееся до ограничения глобального потепления в пределах 1,5 °C выше доиндустриальных уровней, как это предусмотрено Парижским соглашением, быстро заканчивается.

В настоящем докладе будет представлена информация для проведения Саммита по климатическим действиям, который будет созван Генеральным секретарем Организации Объединенных Наций в 2019 году. Я пользуюсь этой возможностью, чтобы поблагодарить всех, кто внес вклад в эту публикацию — авторов, национальные метеорологические и гидрологические службы, глобальные центры климатических данных и анализа, региональные специализированные метеорологические центры, региональные климатические центры и учреждения Организации Объединенных Наций, которые сотрудничали при подготовке этой авторитетной публикации.

(П. Таалас)

Генеральный секретарь

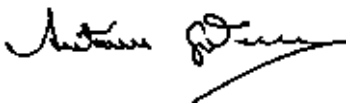
Заявление Генерального секретаря Организации Объединенных Наций

Опубликованные в докладе данные вызывают серьезную обеспокоенность. Последние четыре года были самыми теплыми за всю историю наблюдений — средняя глобальная приземная температура в 2018 году была примерно на 1 °C выше этого показателя в доиндустриальный базовый период.

Эти данные подтверждают безотлагательный характер климатических действий. Это было также подчеркнуто в недавнем специальном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) о последствиях глобального потепления на 1,5 °C. МГЭИК пришла к заключению о том, что ограничение глобального потепления до 1,5 °C потребует быстрых и далеко идущих изменений в землепользовании, энергетике, промышленности, строительстве, транспортных перевозках и городском планировании и что глобальные чистые антропогенные выбросы углекислого газа должны сократиться к 2030 году примерно на 45 % по сравнению с уровнем 2010 года и достичь нулевого чистого показателя к 2050 году.

В целях содействия более обширным глобальным устремлениям по решению проблемы изменения климата 23 сентября я созываю Саммит по климатическим действиям. Цель этого саммита — мобилизовать необходимую политическую волю для постановки более амбициозных задач в процессе работы по достижению целей Парижского соглашения. В частности, я призываю всех руководителей приехать в Нью-Йорк с конкретными, реалистичными планами по расширению их определяемых на национальном уровне вкладов к 2020 году и по достижению нулевого чистого показателя выбросов примерно к середине столетия. Кроме того, на саммите будет продемонстрирована деятельность по преобразованию во всех областях, где это необходимо.

Дальнейшее промедление недопустимо. Я высоко оцениваю этот доклад как неотъемлемый вклад в глобальные усилия по предотвращению необратимой дестабилизации климата.



(Антониу Гутерриш)
Генеральный секретарь
Организации Объединенных Наций

Фото: UN Photo/Loey Felipe

Генеральный секретарь ВМО Петтери Таалас (слева) и Генеральный секретарь Организации Объединенных Наций в ходе встречи в Нью-Йорке в сентябре 2018 года.

Заявление Председателя Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций

В настоящем обширном и важном докладе Всемирной метеорологической организации наглядно подчеркнута необходимость в неотложных мерах в области изменения климата и демонстрируется ценность надежных научных данных для информирования правительств в процессе принятия решений. Одна из моих приоритетных задач в качестве Председателя Генеральной Ассамблеи заключается в том, чтобы подчеркнуть воздействие изменения климата на достижение целей в области устойчивого развития и необходимость целостного понимания социально-экономических воздействий все более интенсивных экстремальных погодных явлений для стран во всем мире. Данный текущий доклад ВМО внесет важный вклад в наши совместные международные усилия, направленные на сосредоточение внимания на этой проблеме.

Мария Фернанда Эспиноса Гарсес
Председатель 73-й сессии Генеральной Ассамблеи
Организации Объединенных Наций

Показатели состояния климата

ТЕМПЕРАТУРА

Глобальная средняя температура за 2018 год была, согласно оценкам, на 0,99 ± 0,13 °C выше показателя доиндустриального базового уровня (1850—1900 гг.). Оценка включает пять независимо поддерживаемых наборов данных о глобальной температуре, а диапазон представляет их распределение (рисунок 1).

2018 год стал четвертым самым теплым за всю историю наблюдений, а последние четыре года — с 2015 по 2018 год — были самыми теплыми с начала регистрации наблюдений за глобальной температурой. 2018 год был самым прохладным из четырех. В отличие от двух самых теплых лет (2016 и 2017 гг.) 2018 год начался со слабого явления Ла-Нинья, с которым обычно связано понижение глобальной температуры.

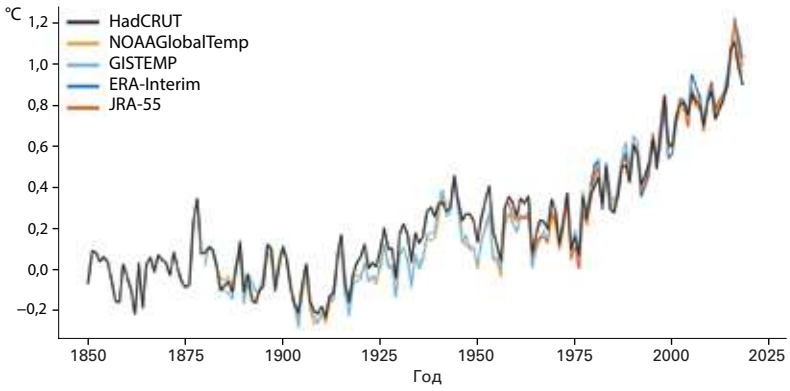


Рисунок 1. Аномалии глобальной средней температуры относительно базового уровня 1850—1990 гг. для пяти наборов данных о глобальной температуре. *Источник: Центр имени Гадлея Метеорологического бюро СК*

В специальном докладе МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °C (*Глобальное потепление на 1,5 °C*) сообщается, что средняя глобальная температура за период 2006—2015 годов. была на 0,86 °C выше доиндустриального базового уровня. Для сравнения: средняя аномалия выше того же базового уровня за последнее десятилетие 2009—2018 годов составила 0,93 ± 0,07 °C[1], а средний показатель за последние пять лет, 2014—2018 годы, был на 1,04 ± 0,09 °C выше этого базового уровня. Оба этих периода включают в себя эффект потепления от сильного Эль-Ниньо 2015/16 года.

В 2018 году во многих местах отмечались температуры выше средних значений (рисунок 2). Согласно данным по континентам НУОА 2018 год вошел в топ-10 самых теплых лет для Африки, Азии, Европы, Океании и Южной Америки. Только для Северной Америки 2018 год не вошел в топ-10 самых теплых лет, заняв восемнадцатое место в 109-летнем ряду наблюдений.

В некоторых регионах было исключительно тепло. В Арктике среднегодовые температурные аномалии превышали 2 °C повсеместно и 3 °C местами. Хотя арктические температуры в целом были ниже, чем в рекордном 2016 году, они все же были исключительно высокими по отношению к долгосрочному среднему значению. На территории, простирающейся по всей Европе, части Северной Африки, Ближнего Востока и Южной Азии, также было исключительно тепло, причем ряд стран (Чехия, Франция, Германия, Венгрия, Сербия, Швейцария) пережили самый теплый год за всю историю наблюдений или один из пяти самых теплых (Бельгия, Эстония, Израиль, Латвия, Пакистан, Республика Молдова, Словения, Украина). Для Европы в целом

[1] МГЭИК использовала NOAAGlobalTemp, GISTEMP и две версии HadCRUT4 для оценки. Одна версия HadCRUT4 была более ранней версией той, которая использовалась здесь, другая получена путем заполнения пробелов в данных с помощью статистического метода (Cowtan, K. and R.G. Way, 2014: Coverage bias in the HadCRUT4 temperature series and its impact on recent temperature trends. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 140:1935–1944, doi:10.1002/qj.2297).

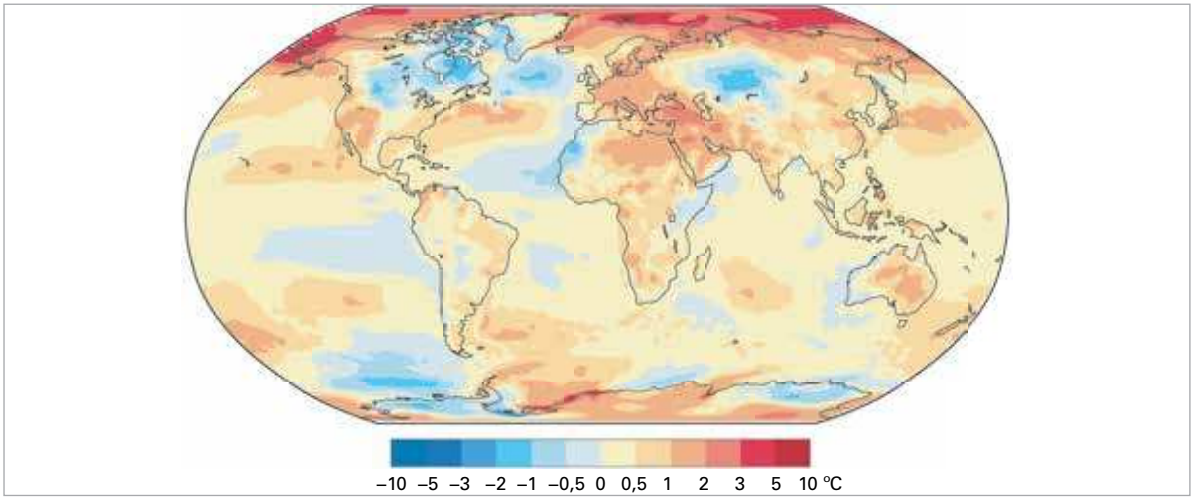
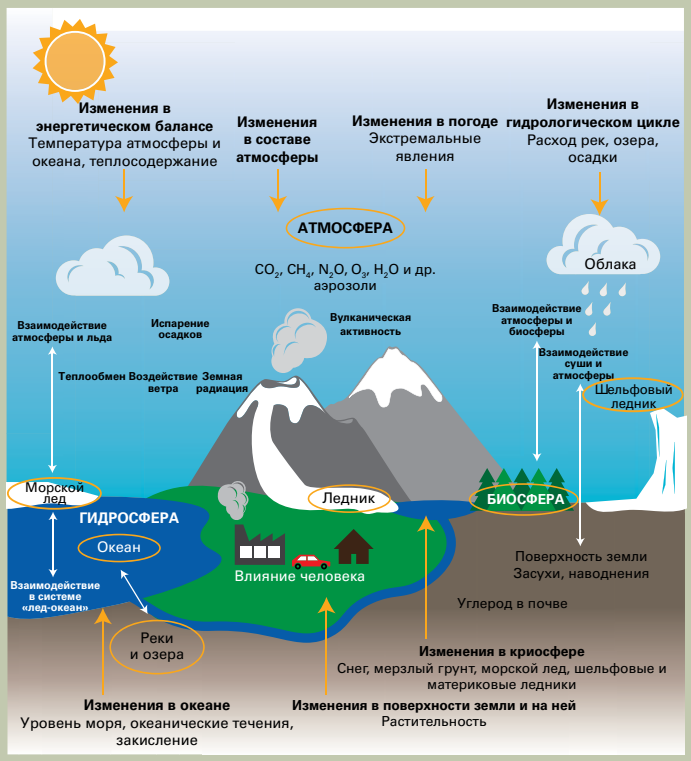


Рисунок 2. Аномалия приземной температуры воздуха в 2018 г. по сравнению со средним значением за период 1981—2010 гг. *Источник: данные ERA-Interim Службы изменения климата в рамках программы «Коперник» ЕЦСПП*

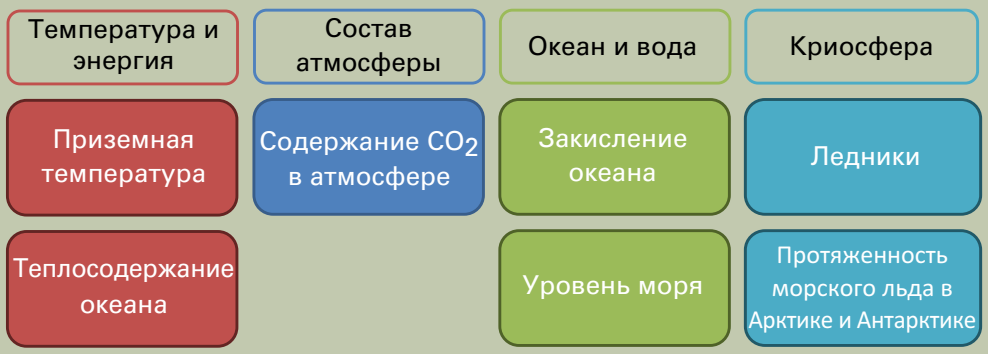
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА



Основные компоненты климатической системы и их взаимодействие: энергетический баланс, состав атмосферы, погода, гидрологический цикл, океан и криосфера

Большое число существующих показателей, разработанных климатологами, позволяет выполнять множество конкретных научно-технических задач и используется соответствующей аудиторией. Таким образом, не все они в равной степени подходят для того, чтобы помочь неспециалистам понять, как происходит изменение климата. Выявление подгруппы ключевых показателей, которые комплексным образом отражают компоненты климатической системы и существенное изменение их поведения, помогает представителям ненаучных кругов легко понять изменения, происходящие в ключевых параметрах климатической системы.

Всемирная метеорологическая организация пользуется перечнем из семи показателей состояния климата, которые были отобраны из числа 55 важнейших климатических переменных Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК), включая приземную температуру, теплосодержание океана, содержание двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере, закисление океана, уровень моря, баланс массы ледников, протяженность морского льда в Арктике и Антарктике. Оценка дополнительных показателей, как правило, осуществляется с целью получения более полного представления об изменениях в соответствующей сфере. К их числу, помимо прочего, относятся осадки, ПГ кроме CO_2, состояние снежного покрова и ледяного щита, а также экстремальные явления и воздействия климата.



Показатели состояния климата, используемые ВМО для отслеживания изменчивости и изменения климата на глобальном уровне, включая приземную температуру, теплосодержание океана, содержание двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере, закисление океана, уровень моря, баланс массы ледников, протяженность морского льда в Арктике и Антарктике. Эти показатели были отобраны из числа 55 важнейших климатических переменных ГСНК.
Источник: https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ И БАЗОВЫЕ УРОВНИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Оценка показателей глобальной температуры, представленная в Заявлении, базируется на пяти комплектах данных. Основу трех из них составляют измерения температуры, выполненные на метеостанциях над поверхностью суши, а также с помощью судов и буев над поверхностью океанов, объединенные при помощи статистических методов. Каждый из центров данных — НЦИОС НУОА[1], ГИСС НАСА[2], Центр им. Гадлея Метеорологического бюро СК и Отдел исследований климата Университета Восточной Англии[3] — использует разные методы обработки данных для выведения среднего глобального значения. Два комплекта данных, предоставленные ЕЦСПП и его Службой по изменению климата в рамках программы «Коперник» (ERA-Interim), а также ЯМА (JRA-55), являются результатом реанализа. Этот метод позволяет совмещать данные миллионов метеорологических и морских наблюдений, в том числе со спутников, с полученными в ходе моделирования значениями и выполнять полный «реанализ» атмосферы. Сочетание наблюдений с моделями позволяет получать оценочные значения температуры в любое время и в любом месте по всему миру, даже в районах со слабым охватом наблюдениями, таких как полярные регионы. Высокая степень согласованности глобальных средних значений в этих комплектах данных указывает на состоятельность подхода к регистрации показателей глобальной температуры.

Показатели глобальной температуры обычно выражаются в виде «аномалий», то есть температурных отклонений от средних значений за определенный базовый период. Хотя фактические показатели температуры могут существенно разниться на небольших расстояниях — например, между вершиной и подножием горы — температурные аномалии проявляются в гораздо более крупных масштабах. То есть, если на вершине горы теплее, чем обычно, то у подножия горы, по всей вероятности, наблюдается аналогичная ситуация. Усредненные за месяц значения температурных аномалий выше или ниже средних значений по когерентным областям могут простираться на тысячи километров. Для получения обоснованных сведений о глобальной температурной аномалии достаточно всего несколько станций, расположенных в каждой из этих обширных когерентных областей. С другой стороны, для того чтобы точно измерить фактическую температуру требуется гораздо больше станций, при этом необходимо выполнить тщательный репрезентативный замер в различных климатических зонах.

Период, выбираемый в качестве базового для расчета аномалий, обычно зависит от условий его применения. К широко используемым базовым периодам относятся периоды 1961—1990 годов, 1981—2010 годов и 1850—1900 годов. Последний из них часто называют доиндустриальным базовым периодом. В некоторых случаях, например для оценки изменения температуры в течение XX века, выбор базового периода может быть не столь важным или же вообще не иметь какого-либо принципиального значения.

Для оценки изменения климата ВМО в настоящее время рекомендует ориентироваться на период с 1961 по 1990 год. Этот базовый период широко использовался в последних трех оценочных докладах МГЭИК (ОД3, ОД4 и ОД5), а потому он служит последовательной отправной точкой для сравнения показателей температуры с течением времени. По данному периоду были предприняты значительные усилия для расчета климатических норм и распространения информации о них.

Обычно используемое значение абсолютной глобальной средней температуры за период с 1961 по 1990 год составляет 14 °C. Однако, учитывая, что этот показатель не установлен с абсолютной точностью, он может варьироваться в пределах 0,5 °C. Как объяснялось ранее, такой предел погрешности для данного фактического значения температуры значительно превышает соответствующий показатель для среднегодовой температурной аномалии, который, как правило, составляет около 0,1 °C.

Базовый период с 1981 по 2010 год используется для мониторинга климата. Недавний период, такой как этот, часто является предпочтительным, поскольку он наиболее репрезентативен для текущих или «нормальных» условий. Эти 30-летние средние значения действительно часто называют «климатическими нормами». Использование нормы, характерной для периода с 1981 по 2010 год, означает возможность использования данных, которые были получены со спутниковых приборов или в результате реанализа и которые редко бывают доступны для более раннего периода, для проведения сравнений. В период с 1981 по 2010 год было примерно на 0,3 °C теплее, чем в период с 1961 по 1990 год.

В настоящем Заявлении за основу взят период с 1850 по 1900 год, который использовался для отражения «доиндустриальных» условий в докладе СД15 МГЭИК. Важность мониторинга расхождений в показателях глобальной температуры относительно доиндустриального периода обусловлена тем, что Парижское соглашение стремится ограничить глобальное потепление на уровне, не превышающем 1,5 °C или 2 °C. Недостаток использования этого базового периода заключается в относительно небольшом количестве проводимых в то время наблюдений, в связи с чем такой выбор сопряжен с более существенными неопределенностями. В период с 1850 по 1900 год было примерно на 0,3 °C холоднее, чем в период с 1961 по 1990 год.

---

[1] НЦИОС НУОА выпускают и поддерживают комплекты данных о глобальной температуре под названием «NOAAGlobalTemp».

[2] ГИСС НАСА выпускает и поддерживает комплект данных о глобальной температуре под названием «GISTEMP».

[3] Центр им. Гадлея Метеорологического бюро СК и Отдел исследований климата Университета Восточной Англии выпускают и поддерживают комплект данных о глобальной температуре под названием «HadCRUT4».

2018 год стал одним из трех самых теплых за всю историю метеорологических наблюдений. Другие области заметного тепла охватывали юго-западные районы Соединенных Штатов Америки, восточные части Австралии (для страны в целом это был третий самый теплый год) и Новую Зеландию, где этот год стал вторым в ряду самых теплых лет за всю историю наблюдений.

Напротив, области воздуха с температурами ниже средних значений над поверхностью суши были более ограниченными. В некоторых районах Северной Америки и Гренландии, Центральной Азии, западных частях Северной Африки, отдельных районах Восточной Африки, прибрежной зоне Западной Австралии и западных районах тропической части Южной Америки было прохладнее, чем в среднем, но это не было так необычно.

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ И ОЗОН

Рост уровней концентраций парниковых газов (ПГ) в атмосфере является ключевым движущим фактором изменения климата. Атмосферные концентрации отражают баланс между источниками (включая выбросы в результате деятельности человека) и поглотителями (например, поглощение биосферой и океанами). В 2017 году концентрации ПГ достигли новых максимумов: глобальные усредненные молярные доли двуокиси углерода (CO_2) составили 405,5 ± 0,1 частей на миллион (млн$^{-1}$), метана (CH_4) — 1859 ± 2 частей на миллиард (млрд$^{-1}$) и закиси азота (N_2O) — 329,9 ± 0,1 млрд$^{-1}$ (рисунок 3). Эти значения составляют соответственно 146 %, 257 % и 122 % по отношению к доиндустриальным уровням (до 1750 г.). Глобальные средние показатели за 2018 год появятся только в конце 2019 года, однако данные в режиме реального времени из ряда конкретных местоположений, включая Мауна-Лоа (Гавайи) и Кейп-Грим (Тасмания), показывают, что уровни CO_2, CH_4 и N_2O продолжали расти в 2018 году. В докладе МГЭИК *Глобальное потепление на 1,5 °C* сделан вывод о том, что ограничение потепления до 1,5 °C выше доиндустриальных температур подразумевает достижение чистого нуля выбросов CO_2 во всем мире около 2050 года, и это при одновременном резком сокращении выбросов оказывающих воздействие веществ, не связанных с CO_2, особенно CH_4.

УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ

Точная оценка объема выбросов и перераспределения диоксида углерода (CO_2) в атмосфере, океанах и на суше — «глобальный углеродный бюджет» — помогает нам понять то, каким образом люди меняют климат Земли, оказывает поддержку разработке политики в области климата, а также позволяет усовершенствовать прогнозы будущего изменения климата.

Выбросы CO_2 от ископаемого топлива росли почти непрерывно в течение последних двух столетий (рисунок 4), и эта тенденция лишь ненадолго прерывалась глобально значительными экономическими спадами. Выбросы до настоящего времени продолжали расти ежегодно на 1,6 % в 2017 году и ориентировочно на 2,7 % (1,8 %—3,7 %) в 2018 году. Предполагается, что

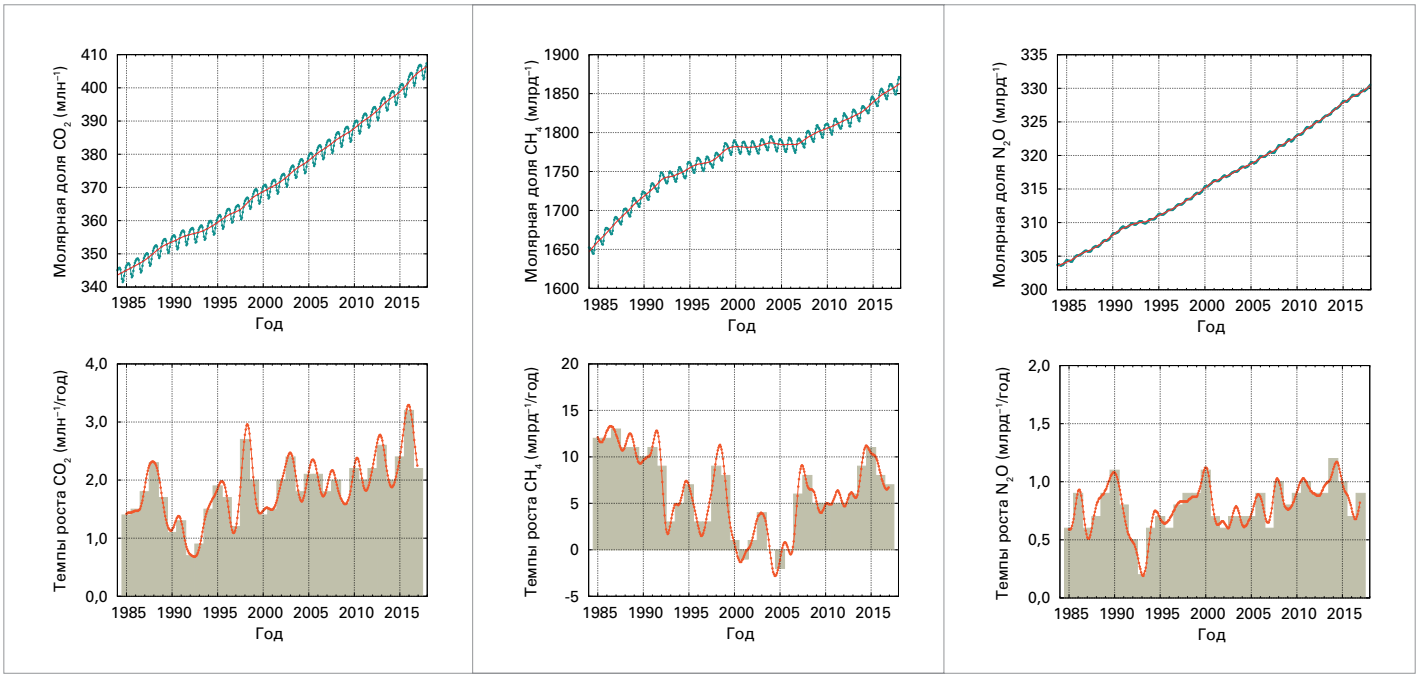


Рисунок 3. Верхний ряд: глобальная усредненная молярная доля (мера концентрации) в период с 1984 по 2017 гг.: CO_2 (млн$^{-1}$; слева), CH_4 (млрд$^{-1}$; посередине) и N_2O (млрд$^{-1}$; справа). Красной линией обозначена среднемесячная молярная доля без учета сезонных колебаний; голубыми точками и линиями показаны месячные средние значения. Нижний ряд: темпы роста, представляющие собой увеличение последующих среднегодовых молярных долей CO_2 (млн$^{-1}$ в год; слева), CH_4 (млрд$^{-1}$ в год; посередине) и N_2O (млрд$^{-1}$ в год; справа). *Источник: Глобальная служба атмосферы ВМО*

Прибрежный «голубой» углерод

Кирстен Исензее[1], Дженнифер Говард[2], Эмили Пиджен[2], Хорхе Рамос[2]

[1] МОК-ЮНЕСКО, Франция

[2] Консервейшн интернэшнл, Соединенные Штаты Америки

В широком смысле «голубым» называется углерод, который удерживается, секвестируется и циркулирует в прибрежных и океанских экосистемах. Однако в контексте смягчения последствий изменения климата под прибрежным «голубым» углеродом (также известным как «голубой углерод прибрежных водно-болотных угодий»)[1] понимается углерод, хранящийся в почве мангровых зарослей, приливных соленых болот и полей морских водорослей; живая биомасса над землей (листья, ветви, стебли); живая биомасса под землей (корни и корневища); неживая биомасса (лесная подстилка и сухостой)[2] (см. таблицу). При защите или восстановлении прибрежных экосистем, содержащих «голубой» углерод, они выступают в качестве поглотителей углерода (см. рисунок (a)). Такие экосистемы встречаются на всех континентах, кроме Антарктиды, а их общая площадь составляет около 49 млн га.

В настоящее время, для того чтобы значимость содержащих «голубой» углерод экосистем для смягчения последствий изменения климата нашла отражение в механизмах международной и национальной политики, необходимо соблюсти следующие критерии:

a) объем углерода, который поглощается и удерживается экосистемой или эмиссия которого предотвращается экосистемой, является достаточно масштабным для оказания воздействия на климат;

b) основные запасы и потоки ПГ поддаются количественной оценке;

c) существуют доказательства наличия антропогенных факторов, влияющих на удержание или эмиссию углерода;

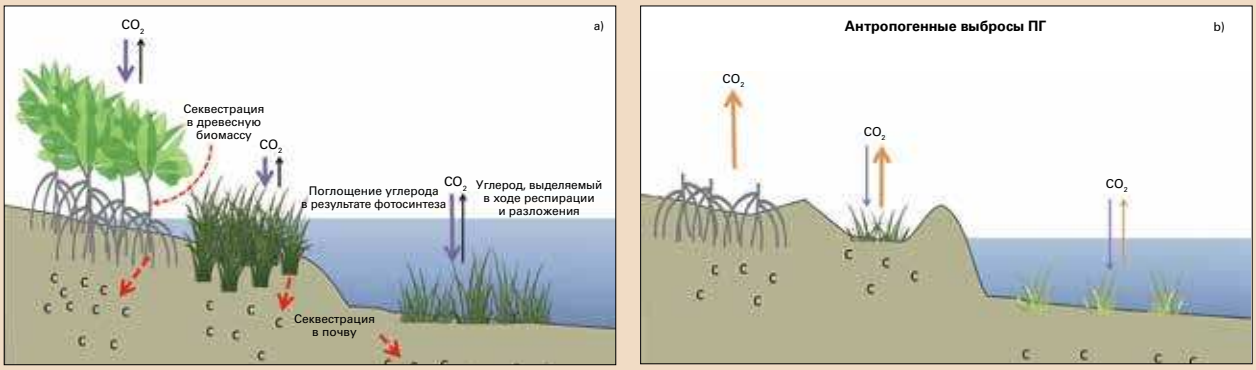
d) управление экосистемой, которое приводит либо к увеличению или поддержанию секвестрации, либо к сокращению эмиссии, представляется возможным и практически осуществимым;

e) управление экосистемой представляется возможным без нанесения ущерба для общества или окружающей среды.

Однако экосистемные услуги, оказываемые мангровыми зарослями, приливными болотами и полями морских водорослей, не ограничиваются накоплением и секвестрацией углерода. Они также способствуют повышению качества воды в прибрежных районах, служат средой обитания для экономически значимых видов рыб и защищают берега от наводнений и штормов. Недавние оценки позволили установить, что мангровые заросли оказывают экосистемные услуги на сумму не менее 1,6 млрд долларов США в год.

Несмотря на доказанную значимость мангровых зарослей, приливных болот и полей морских водорослей для здоровья океана и благосостояния людей, их площадь сокращается со скоростью до 3 % в год (см. таблицу). Когда такие экосистемы деградируют или разрушаются, они выделяют накапливаемый веками углерод в океан и атмосферу, становясь источниками парниковых газов (см. рисунок (b)).

На основе данных МГЭИК подсчитано, что ежегодно в результате деградации прибрежных экосистем, содержащих «голубой» углерод (причем всех трех видов этих систем — мангровых зарослей, приливных болот и полей морских водорослей), выделяется до миллиарда тонн CO_2, что составляет 19 % от выбросов, обусловленных вырубкой тропических лесов по всему миру[3].



Секвестрация и выброс углерода в нетронутых и подвергшихся деградации прибрежных экосистемах: a) в нетронутых прибрежных водно-болотных угодьях (слева направо: мангровые леса, приливные болота и поля морских водорослей) углерод поглощается посредством фотосинтеза (фиолетовые стрелки), а затем в течение длительного периода времени секвестрируется в древесную биомассу и почву (красные пунктирные стрелки) или освобождается (черные стрелки); b) когда почвы подвергшихся деградации прибрежных водно-болотных угодий высыхают, углерод, накопленный в почве, поглощают микроорганизмы, выделяя CO_2 в качестве продукта метаболизма. Этот процесс ускоряется, когда почва высыхает и кислорода становится больше, что приводит к увеличению эмиссии CO_2. Деградация, осушение и преобразование прибрежных содержащих «голубой» углерод экосистем из-за деятельности человека (то есть вырубки лесов, осушения, приспособления водно-болотных угодий под нужды сельского хозяйства, драгирования) приводят к сокращению объемов поглощаемого CO_2 вследствие потери растительности (фиолетовые стрелки) и увеличению выбросов ПГ, имеющих глобальное значение

Объем углерода, который может содержаться в прибрежных и морских экосистемах[1]

		Мангровые заросли	*Приливное болото*	*Поля морских водорослей*
Географическая протяженность (млн гектаров)		13,8—15,2[4,5]	2,2—40[6,7]	30—60[6]
Коэффициент секвестрации (Мг С · га$^{-1}$ · год$^{-1}$)		2,26 ± 0,39[6]	2,18 ± 0,24[6]	1,38 ± 0,38[6]
Общий объем углерода, секвестрируемого ежегодно (протяженность х коэффициент секвестрации) (млн Мг С · год$^{-1}$)		31,2—34,4	4,8—87,2	41,4—82,8
Средний показатель мировых запасов углерода (всего = (почва + биомасса) х протяженность)	Верхний метр почвенного резервуара (Мг С · га$^{-1}$)	280[8]	250[8]	140[8]
	Резервуар биомассы (Мг С · га$^{-1}$)	127[8]	9[8]	2[8]
	Всего (млн Мг С)	5 617—6 186	570—10 360	4 260—8 520
Сроки существования запасов углерода (годы)		Столетия-тысячелетия	Столетия-тысячелетия	Столетия-тысячелетия
Коэффициент антропогенной конверсии (% год$^{-1}$)		0,7—3,0[9]	1,0—2,0[10,11]	0,4—2,6[12,13]
Потенциальные выбросы из-за антропогенной конверсии, при условии, что весь углерод преобразуется в CO_2 ((общий запас углерода на га х количество га, ежегодно подвергаемых преобразованию) х 3,67 (коэффициент преобразования в CO_2)) (млн Мг CO_2)		144,3—681,1	20,9—760,4	62,5—813,0

---

1 Howard, J., A. Sutton-Grier, D. Herr, J. Kleypas, E. Landis, E. Mcleod, E. Pidgeon and S. Simpson, 2017: Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. Frontiers in Ecology and the Environment, 15(1):42–50, doi:10.1002/fee.1451.

2 Howard, J., S. Hoyt, K. Isensee, M. Telszewski and E. Pidgeon (eds), 2014: *Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrasses*. Conservation International, IOC-UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, United States.

3 Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006: *2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. (H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe, eds). Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa, Japan, IGES.

4 Giri, C., et al., 2011: Status and distribution of mangrove forests of the world using Earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20:154–59.

5 Spalding, M., M. Kainuma and L. Collins, 2010: *World Atlas of Mangroves*. London and Washington, D.C., Earthscan.

6 Mcleod, E., G.L. Chmura, S. Bouillon, R. Salm, M. Björk, C.M. Duarte, C.E. Lovelock, W.H. Schlesinger and B.R. Silliman, 2011: A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10):552–560, doi:10.1890/110004.

7 Duarte, C.M., et al., 2013: The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3:961–68.

8 Pendleton, L., et al., 2012: Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS ONE*, 7(9):e43542.

9 Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007: *The World's Mangroves 1980–2005*. FAO Forestry Paper 153. Rome, FAO.

10 Duarte, C.M., J. Borum, F.T. Short and D.I. Walker, 2005: Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In: *Aquatic Ecosystems: Trends and Global Prospects* (N.V.C. Polunin, ed.). Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press.

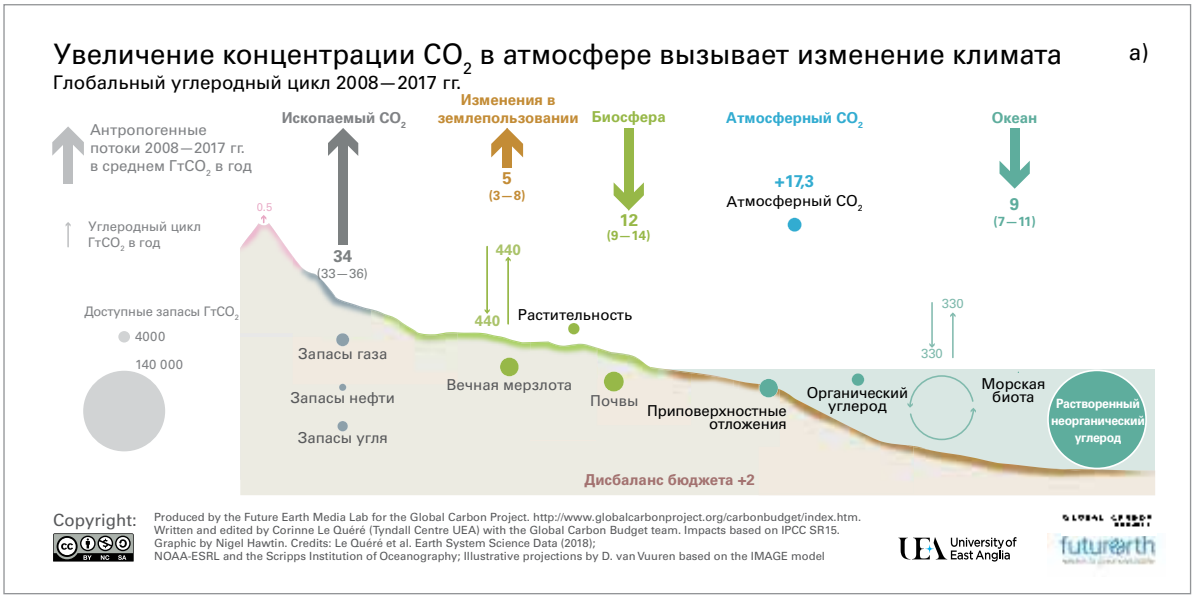
11 Bridgham, S. D., J.P. Megonigal, J.K. Keller, N.B. Bliss and C. Trettin, 2006: The carbon balance of North American wetlands. *Wetlands*, 26(4):889–916.

12 Waycott, M., et al., 2009: Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106:12377–12381.

13 Green, E.P. and F.T. Short (eds), 2003: *World Atlas of Seagrasses. Berkeley*, University of California Press.

Рисунок 4

a) Среднегодовой глобальный углеродный бюджет на десятилетие 2008—2017 гг. Потоки в миллиардах тонн CO_2. Круги показывают запасы углерода в миллиардах тонн углерода



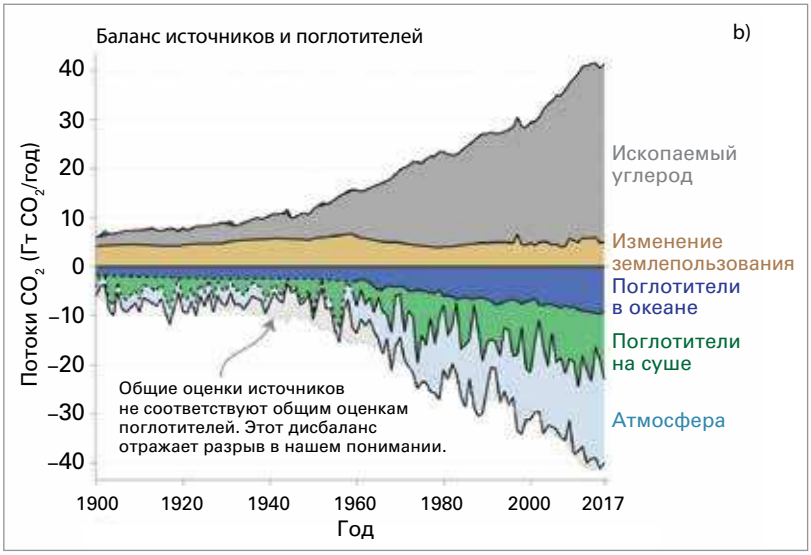
b) Исторический глобальный углеродный бюджет в 1900—2017 гг. Выбросы углерода распределяются между атмосферой и поглотителями углерода на суше и в океанах. «Дисбаланс» между общими объемами выбросов и общими объемами поглотителей отражает пробелы в данных, моделировании или нашем понимании углеродного цикла. *Источник: Глобальный углеродный проект, http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget; Le Quéré, et al., 2018*[2]

в 2018 году был достигнут новый рекордно высокий уровень 37,0 ± 1,8 млрд тонн выбросов CO_2.

Чистые выбросы CO_2 в результате изменений в землепользовании и почвенно-растительном покрове составили в среднем 5,0 ± 2,6 млрд тонн в год за последнее десятилетие, причем с весьма неопределенными ежегодными оценками. В совокупности изменения в землепользовании и выбросы ископаемого топлива достигли, по оценкам, 41,5 ± 3,0 млрд тонн CO_2 в 2018 году[2].

Эти выбросы привели к высоким уровням накопления CO_2 в атмосфере, которые составили 2,60 ± 0,09 млн$^{-1}$ в 2018 году[3]. Этот уровень атмосферного CO_2 является результатом накопления только части общего объема выбросов CO_2, поскольку около 55 % всех выбросов удаляются поглотителями CO_2 в океанах и наземной растительности.

Поглотители CO_2 распределены по полушариям, на суше и в океанах, однако потоки CO_2 в тропиках (30° ю. ш. — 30° с. ш.) близки к углеродно-нейтральным из-за того, что поглощение CO_2 в значительной степени компенсируется выбросами в результате обезлесения. В составе поглотителей CO_2 в Южном полушарии преобладает улавливание CO_2 океанами, в то время как более сильные поглотители в Северном полушарии имеют аналогичный вклад как с суши, так и с океанов.



[2] Le Quéré, et al., 2018: Global carbon budget 2018. *Earth System Science Data*, 10:2141–2194; and March 2019 updates.

[3] NOAA, 2019: Trends in atmospheric carbon dioxide, https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/gl_gr.html.

ОЗОН

Благодаря успеху Монреальского протокола использование галонов и хлорфторуглеродов было прекращено. В то же время в силу жизненного цикла этих соединений они будут сохраняться в атмосфере на протяжении многих десятилетий. В атмосфере все еще содержится более чем достаточное количество хлора и брома, чтобы вызвать полное разрушение озона на определенных высотах в Антарктике в период с августа по декабрь, в связи с чем размер озоновой дыры от года к году в значительной степени определяется метеорологическими условиями.

В 2018 году южные полярные стратосферные температуры были ниже долгосрочного среднего значения (1979—2017 гг.), а стратосферный полярный вихрь оставался относительно стабильным, причем турбулентный тепловой поток был ниже среднего в период с июня по середину ноября. Истощение озонового слоя

началось относительно рано в 2018 году и оставалось выше долгосрочного среднего значения примерно до середины ноября (рисунок 5).

Площадь озоновой дыры достигла своего максимума в 2016 году 20 сентября и составила 24,8 млн км^2, в то время как в 2015 году значение 28,2 млн км^2 было достигнуто 2 октября, а в 2006 году значение 29,6 млн км^2 — 24 сентября по данным анализа, проведенного НАСА. Несмотря на относительно холодный и стабильный вихрь, озоновая дыра 2018 года была меньше, чем в предыдущие годы с аналогичными температурными условиями, такими как, например, 2006 год. Это свидетельствует о том, что размеры озоновой дыры начинают реагировать на снижение содержания хлора в стратосфере в результате применения положений Монреальского протокола.

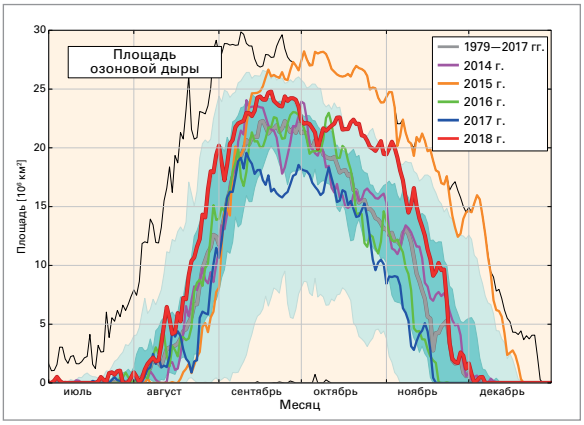


Рисунок 5. Площадь (в млн км^2), на которой общее содержание озона в атмосферном столбе было ниже 220 единиц Добсона. Темная зелено-синяя закрашенная область отображает 30-й и 70-й процентили, а светлая зелено-синяя закрашенная область — 10-й и 90-й процентили за период 1979—2017 гг. Тонкие черные линии отображают максимальные и минимальные значения за каждый день в течение периода 1979—2017 гг. *Источник: на основе данных веб-сайта «Ozone Watch» (Слежение за озоном) НАСА (комплект приборов для картирования и определения профилей озона, приборов для мониторинга озона и спектрометра для картирования общего количества озона)*

ОКЕАНЫ

ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

В 2018 году поверхностные воды в ряде районов океана были необычно теплыми, включая большую часть Тихого океана, за исключением восточной тропической зоны Тихого океана и района к северу от Гавайских островов, где температуры были ниже средних. Западная часть Индийского океана, тропическая зона Атлантики и область Северной Атлантики, простирающаяся от восточного побережья Соединенных Штатов Америки, также были необычно теплыми. Необычно низкие температуры поверхностных вод были отмечены в районе к югу от Гренландии, который является одним из районов мира, где наблюдалось длительное охлаждение.

В ноябре 2017 года в Тасмановом море возникла морская тепловая волна, которая сохранялась до февраля 2018 года. Температура поверхности моря в Тасмановом море повсеместно была выше нормальной на 2 °C, а суточная температура поверхности моря — на 4 °C в определенные сроки (рисунок 6). Рекордно высокие температуры поверхности моря были связаны с необычно теплыми условиями над Новой Зеландией, в которой зарегистрированы самое теплое лето и самый теплый месяц (январь) со времени начала метеорологических наблюдений. Это был также самый теплый период с ноября по январь для Тасмании за всю историю наблюдений. Теплые воды были связаны с высокой влажностью воздуха, а в феврале, хотя и прошел пик морской тепловой волны, наблюдалось выпадение экстремальных осадков в ряде районов Новой Зеландии.

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ ОКЕАНА

Более 90 % энергии, поглощаемой ПГ, поглощается океанами, и теплосодержание океана обеспечивает непосредственный показатель такого аккумулирования энергии в верхних слоях океана. В отличие от поверхностных температур, где постепенное долгосрочное повышение из года в год, как правило, меньше, чем межгодовая изменчивость, вызванная Эль-Ниньо и Ла-Нинья, теплосодержание океана растет более устойчиво, с менее выраженными межгодовыми колебаниями (рисунок 7). Действительно, в 2018 году отмечены новые рекордные значения содержания тепла в верхнем 700-метровом (данные с 1955 г.) и в верхнем 2000-метровом (данные с 2005 г.) слоях океана, что превысило предыдущие рекордные значения, зарегистрированные в 2017 году.

УРОВЕНЬ МОРЯ

Уровень моря является одним из семи ключевых показателей глобального изменения климата, выделенных Глобальной системой наблюдений за климатом[4] и принятых ВМО для

[4] Global climate indicators, https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators.

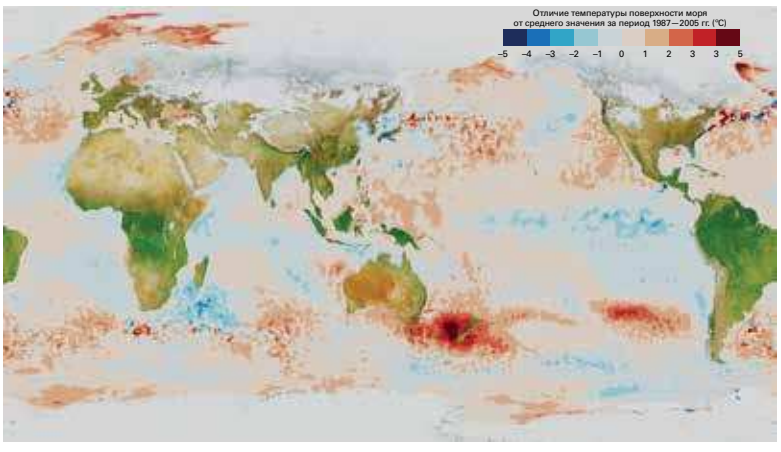


Рисунок 6. Аномалии температуры поверхности моря 29 января 2018 г. по отношению к среднему значению за период 1985—2005 гг. *Источник: Центр имени Гадлея Метеобюро СК*

Деоксигенация открытого океана и прибрежных вод

Глобальная сеть МОК по вопросам содержания кислорода в океане (GO2NE), Кирстен Исензее[1], Дениз Брайтбург[2], Марилор Грегуар[3]

[1] МОК-ЮНЕСКО, Франция

[2] Смитсоновский центр исследований окружающей среды, Соединенные Штаты Америки

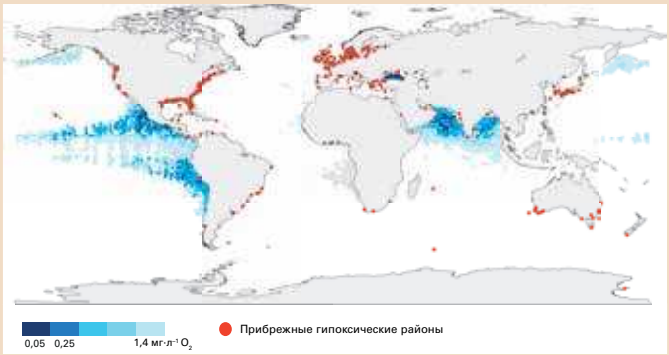
[3] Льежский университет, Бельгия

Наблюдения и численные модели показывают, что в современных открытых и прибрежных океанах, включая эстуарии и полузакрытые моря, снижается содержание кислорода. Согласно оценкам, запасы кислорода в мировом океане сократились с середины прошлого столетия на 1—2 % (то есть на 2,4—4,8 пкмоль или 77—145 млрд тонн)[1, 2], при этом известно, что в прибрежной зоне на многих сотнях участков наблюдается снижение концентрации кислорода до такой степени, что биологические процессы начинают нарушаться, а жизнь многих организмов оказывается под угрозой. Число регионов, традиционно отличающихся низким содержанием кислорода, растет: к ним прибавляются новые области, которые сегодня испытывают ту же самую проблему. Хотя относительная значимость различных механизмов, вызывающих сокращение объемов кислорода в мировом океане, точно не известна, ожидается, что глобальное потепление будет способствовать такому сокращению как непосредственным образом в силу того, что растворимость кислорода уменьшается в более теплых водах, так и косвенным по причине того, что в результате изменений динамики океана ослабевает его вентиляция, обеспечивающая поступление кислорода в толщу воды. Результаты моделирования, проведенного в рамках сценариев с высоким и низким уровнем выбросов, свидетельствуют о том, что к концу текущего столетия содержание кислорода в открытом океане в любом случае уменьшится.

Что касается прибрежных районов, то увеличение начиная с 1950-х годов объемов переносимых реками азота и фосфора привело к эвтрофикации водоемов по всему миру. Этот процесс увеличивает потребление кислорода и в сочетании со слабой вентиляцией вызывает его дефицит в подповерхностных водах. Ожидается, что изменение климата будет усиливать деоксигенацию в прибрежных районах, уже испытывающих влияние сбросов антропогенных питательных веществ, за счет уменьшения растворимости кислорода, ослабления вентиляции, вызванной учащением и увеличением периодов сезонной стратификации водяного столба, а в некоторых случаях, когда прогнозируется усиление осадков, — за счет наращивания поступления питательных веществ.

С 1960 года число бескислородных регионов в зонах океана с минимальным содержанием кислорода увеличилось[2], что привело к изменению биохимических процессов, в ходе которых поглощается связанный азот и выделяются фосфат, железо, сероводород (H_2S) и, возможно, N_2O (см. рисунок). Относительно ограниченная доступность основных элементов, таких как азот и фосфор, означает, что такие изменения способны нарушить равновесный химический состав океанов. Кроме того, мы не знаем, как циклы положительной обратной связи (например, ремобилизация фосфора и железа из осадочных частиц) могут ускорить нарушение этого равновесия.

Деоксигенация влияет на многие аспекты экосистемных услуг, оказываемых океанами и прибрежными водами по всему миру. Например, этот процесс отражается на биоразнообразии и пищевых сетях, а также может сокращать возможности для роста, размножения и выживания морских организмов. Обусловленные низким содержанием кислорода изменения в пространственном распределении добываемых видов могут сказываться на выборе мест и методов промысла, а также снижать рентабельность рыболовства. Кроме того, деоксигенация может еще больше осложнить порядок предоставления рациональных рекомендаций по управлению рыбным хозяйством.



Океанические зоны с минимальным содержанием кислорода (синие) и прибрежные участки, в которых наблюдается гипоксия (красные). Изображенные на карте прибрежные гипоксические участки представляют собой системы, в которых была зарегистрирована концентрация кислорода <2 мг/л и в которых антропогенные питательные вещества являются основной причиной ее снижения. *Источники: данные из источника (3) и Diaz, J.R., неопубликованные; рисунок адаптирован на основании источников (4), (5) и (6)*

[1] Bopp, L., L. Resplandy, J.C. Orr, S.C. Doney, J.P. Dunne, M. Gehlen, P. Halloran, C. Heinze, T. Ilyina and R. Seferian, 2013: Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, 10:6225–6245.

[2] Schmidtko, S., L. Stramma and M. Visbeck, 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, 542:335–339.

[3] Diaz, R.J. and R. Rosenberg, 2008: Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321:926–929.

[4] Isensee, K., L.A. Levin, D.L. Breitburg, M. Gregoire, V. Garçon and L. Valdés, 2015: The ocean is losing its breath. Ocean and Climate, Scientific notes. http://www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2017/03/ocean-out-breath_07-6.pdf.

[5] Breitburg, D., M. Grégoire and K. Isensee (eds), 2018: *The Ocean is Losing Its Breath: Declining Oxygen in the World's Ocean and Coastal Waters*. Global Ocean Oxygen Network. IOC Technical Series No. 137. IOC-UNESCO.

[6] Breitburg, D., et al., 2018: Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. IOC Global Ocean Oxygen Network. *Science*, 359(6371):p.eaam7240.

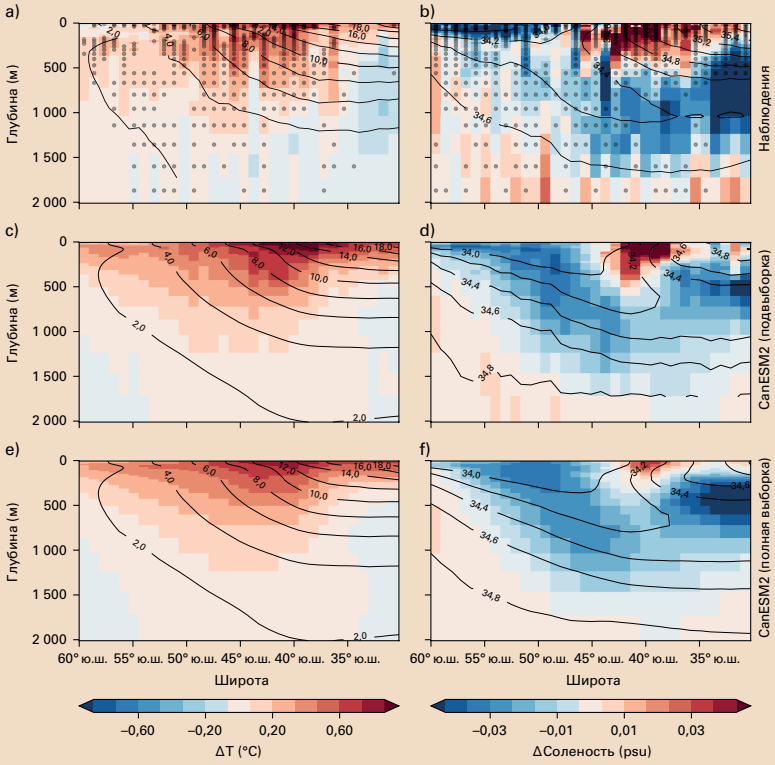
Тенденции потепления в Южном океане

Нил Сварт[1], Майкл Спэрроу[2]

[1] Министерство окружающей среды Канады

[2] ВМО

Наиболее высокие темпы потепления вод океанов наблюдаются в Южном океане, причем этот процесс достигает его самых глубоких слоев. Тем не менее значительные региональные различия все же существуют. В течение последних десятилетий на поверхности океана в субполярном регионе к югу от антарктического циркумполярного течения (АЦПТ) наблюдается замедленное потепление или даже небольшое похолодание[1, 2]. Однако к северу от АЦПТ (приблизительно между 30° и 60° ю. ш.) водные массы Южного океана, расположенные от поверхности до глубины 2000 м (см. рисунок), прогреваются примерно в два раза быстрее, чем в мировом океане[3, 4, 5]. Характер замедленного потепления к югу и ускоренного потепления слоя воды, простирающегося от поверхности до средней глубины, к северу обусловлен нисходящей адвекцией тепла в северном направлении, вызываемой меридиональной опрокидывающей циркуляцией в Южном океане[2, 1]. За счет такого движения тепла от поверхности вглубь толщи воды Южный океан становится ключевым регионом, в котором происходит поглощение тепла антропогенного происхождения[6]. Действительно, наблюдаемое быстрое потепление к северу от АЦПТ формально объясняется увеличением концентрации ПГ[3]. Изменение режимов западных ветров и, как следствие, аномальный перенос холодных вод на север по спирали Экмана, вызванный истощением стратосферного озонового слоя, также могут способствовать охлаждению поверхности океана в субполярном регионе[7, 8] и ее потеплению к северу[3]. Наконец, скорость прогрева глубоких (> 2000 м) и абиссальных (> 4000 м) водных слоев Южного океана значительно превышает соответствующие среднемировые показатели[9, 10]. Считается, что это связано с изменением темпов образования донных вод Антарктики и нижней границы меридиональной опрокидывающей циркуляции.



Наблюдаемые изменения температуры (слева) и солености (справа) между средним показателем за 2006–2015 гг. и средним показателем за 1950–1980 гг. Верхние графики (a, b) составлены на основе наблюдений, а два нижних — на основании моделей с подвыборкой для обеспечения соответствия охвату наблюдений (c, d) и ансамблевому среднему воздействию с полной выборкой (e, f). Наблюдаемые изменения в основном связаны с увеличением выбросов ПГ. *Источник: (3)*

---

[1] Sallée, J.B., 2018: Southern ocean warming. *Oceanography*, 31(2):52–62, https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.215.

[2] Armour, K.C., J. Marshall, J.R. Scott, A. Donohoe and E.R. Newson, 2016: Southern Ocean warming delayed by circumpolar upwelling and equatorward transport. *Nature Geoscience*, 9:549–554, https://doi.org/10.1038/ngeo2731.

[3] Swart, N.C., S.T. Gille, J.C. Fyfe and N.P. Gillett, 2018: Recent southern ocean warming and freshening driven by greenhouse gas emissions and ozone depletion. *Nature Geoscience*, 11:836–842, https://doi.org/10.1038/s41561-018-0226-1.

[4] Gille, S.T., 2002: Warming of the Southern Ocean since the 1950s. *Science*, 295(5558):1275–1277, DOI: 10.1126/science.1065863.

[5] Gille, S.T., 2008: Decadal-scale temperature trends in the southern hemisphere ocean. *Journal of Climate*, 21:4749–4765, https://doi.org/10.1175/2008JCLI2131.1.

[6] Roemmich, D., J. Church, J. Gilson, D. Monselesan, P. Sutton and S. Wijffels, 2015: Unabated planetary warming and its ocean structure since 2006. *Nature Climate Change*, 5(3):240–245.

[7] Kostov, Y., D. Ferreira, K.C. Armour and J. Marshall, 2018: Contributions of greenhouse gas forcing and the southern annular mode to historical southern ocean surface temperature trends. *Geophysical Research Letters*, 45:1086–1097, https://doi.org/10.1002/2017GL074964.

[8] Ferreira, D., J. Marshall, C.M. Bitz, S. Solomon and A. Plumb, 2015: Antarctic ocean and sea ice response to ozone depletion: A two-time-scale problem. *Journal of Climate*, 28:1206–1226, https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00313.1.

[9] Desbruyères, D.G., S.G. Purkey, E.L. McDonagh, G.C. Johnson and B.A. King, 2016: Deep and abyssal ocean warming from 35 years of repeat hydrography. *Geophysical Research Letters*, 43:10356–10365.

[10] Purkey, S.G. and G.C. Johnson, 2010: Warming of global abyssal and deep southern ocean waters between the 1990s and 2000s: Contributions to global heat and sea level rise budgets. *Journal of Climate*, 23:6336–6351, https://doi.org/10.1175/2010JCLI3682.1.

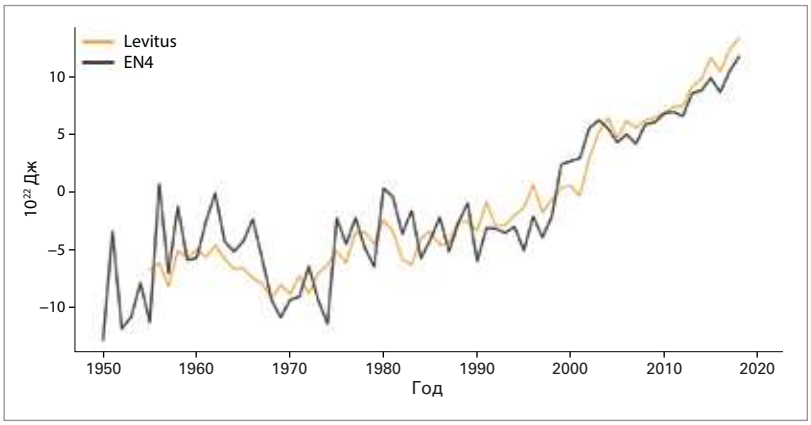


Рисунок 7. Изменение глобального теплосодержания океана (х 10^{22} Дж) для слоя 0—700 м по отношению к базовому уровню 1981—2010 гг. Линии показывают годовые средние значения по результатам анализа Левитуса, выполненного НЦИОС НУОА, и анализа EN4, выполненного Центром имени Гадлея Метеобюро СК. *Источник: Центр имени Гадлея Метеобюро СК, подготовлено с использованием данных НЦИОС НУОА*

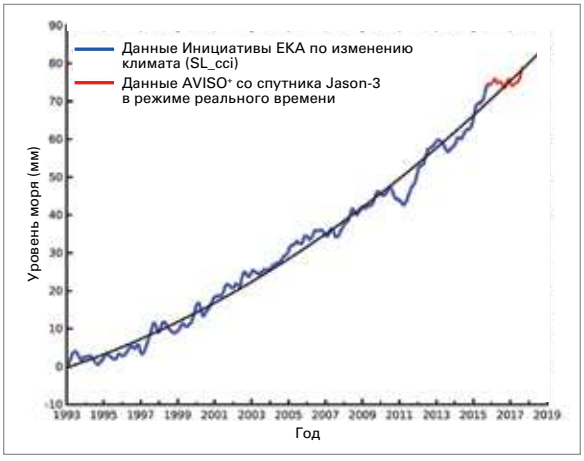
использования при характеристике состояния глобальной климатической системы в ее ежегодных заявлениях. Уровень моря продолжает повышаться ускоренными темпами (см. рисунок 8, слева). Глобальный средний уровень моря в 2018 году был примерно на 3,7 мм выше, чем в 2017 году, и самым высоким в истории наблюдений. За период с января 1993 по декабрь 2018 года средний темп прироста составил 3,15 ± 0,3 мм·год$^{-1}$, в то время как расчетное ускорение было 0,1 мм·год$^{-2}$. Ускоренная потеря ледяной массы ледяных щитов является основной причиной ускорения глобального повышения среднего уровня моря, что подтверждается спутниковой альтиметрией (World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group, 2018)[5].

Оценка баланса уровня моря помогает количественно оценить и понять причины изменения уровня моря. Сходимость совокупного баланса уровня моря означает, что наблюдаемые изменения глобального среднего уровня моря, определенные с помощью спутниковой альтиметрии, равны совокупному вкладу наблюдаемых компонентов, которые включают изменения океанической массы и теплового расширения (на основе данных о температуре и солености *in situ*, до 2000 м с 2005 года в рамках международного проекта Арго). Изменение океанической массы может быть получено либо с помощью спутниковой гравиметрии со спутника GRACE (с 2002 г.), либо путем учета в совокупности вкладов ледников, ледяных щитов и запасов вод на суше (рисунок 8, справа). Невозможность свести совокупный баланс уровня моря будет указывать на погрешности в некоторых компонентах или в учете влияния компонентов, отсутствующих в балансе.

ЗАКИСЛЕНИЕ ОКЕАНА

За последнее десятилетие океаны поглотили около 30 % антропогенных выбросов CO_2. Поглощаемый CO_2 реагирует с морской водой и изменяет показатель pH океана. Этот процесс известен как закисление океана. Изменения в pH связаны с изменениями в химии карбонатов в океане, которые могут повлиять на способность морских организмов, таких как моллюски и рифообразующие кораллы, формировать и сохранять в хорошем состоянии раковины и скелетный материал. Это делает особенно важным полное описание изменений в химии карбонатов в океане. Наблюдения в открытом океане за последние 30 лет показали явную тенденцию к снижению показателя pH (рисунок 9). В ОД5 МГЭИК сообщалось о снижении показателя pH поверхности океана на 0,1 единицы со времени начала промышленной революции (1750 г.). Тенденции в прибрежных районах, однако, менее понятны из-за высокой динамики прибрежной среды, где великое множество факторов воздействия, таких как изменения температуры, сток пресной воды, приток питательных веществ, биологическая активность и большие океанские колебания, влияют на уровни CO_2. Для описания характеристик изменчивости закисления океана и выявления движущих сил и воздействий

[5] World Climate Research Programme Global Sea Level Budget Group, 2018: Global sea-level budget 1993–present. *Earth Systems Science Data*, 10:1551–1590.



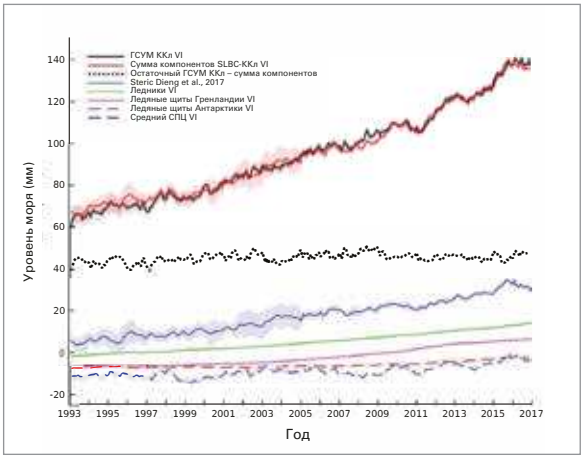


Рисунок 8. Слева: глобальный средний уровень моря за период 1993—2018 гг. по данным спутниковой альтиметрии. Тонкая черная линия является квадратичной функцией, представляющей ускорение. Справа: вклад отдельных компонентов в глобальный средний уровень моря в период 1993—2016 гг. *Источник: Инициатива Европейского космического агентства в области изменения климата*

решающее значение имеет высокое временное и пространственное разрешение наблюдений.

В соответствии с предыдущими докладами и прогнозами по закислению океана глобальные уровни pH продолжают снижаться. Более поздние данные по установленным участкам наблюдений в Новой Зеландии свидетельствуют об аналогичных тенденциях, заполняя при этом важные пробелы в данных по закислению океана в Южном полушарии. В настоящее время оперативные данные имеются в ограниченном объеме, однако ожидается, что новая методология для показателя 14.3.1 Цели Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития («Средняя кислотность морской воды (pH), измеряемая в согласованной группе репрезентативных станций отбора проб»), приведет к расширению наблюдений за закислением океана в глобальном масштабе.

КРИОСФЕРА

Криосфера является компонентом системы Земля и включает твердые осадки, снежный покров, морской лед, лед на озерах и реках, ледники, ледниковые шапки, ледниковые щиты, многолетнюю мерзлоту и сезонно замерзающий грунт. Она предоставляет ключевые индикаторы изменения климата, оставаясь однако, при этом, одной из самых неизученных сфер системы Земля. Существует, по крайней мере, 30 характерных параметров криосферы, которые в идеале подлежат измерению. Многие из них измеряются на поверхности, но пространственный охват, как правило, недостаточен. Некоторые из них измеряются в течение многих лет из космоса; возможности измерять другие свойства при помощи спутников развиваются. Основные показатели криосферы для оценки состояния климата включают морской лед, ледники и Гренландский ледовый щит. Оценка снежного покрова также включена в этот раздел.

МОРСКОЙ ЛЕД

Протяженность арктического морского льда была значительно ниже среднего уровня в течение всего 2018 года и находилась на рекордно низких уровнях на протяжении первых двух месяцев этого года. Годовой максимум пришелся на середину марта, а площадь за март месяц составила 14,48 млн км^2, что примерно на 7 % ниже среднего показателя за 1981—2010 годы. По спутниковым данным НЦДСЛ и Службы изменения климата в рамках программы «Коперник» (C3S), это третий самый низкий показатель в марте за период 1979—2018 годы. Только в марте 2016 и 2017 годов площади были меньше.

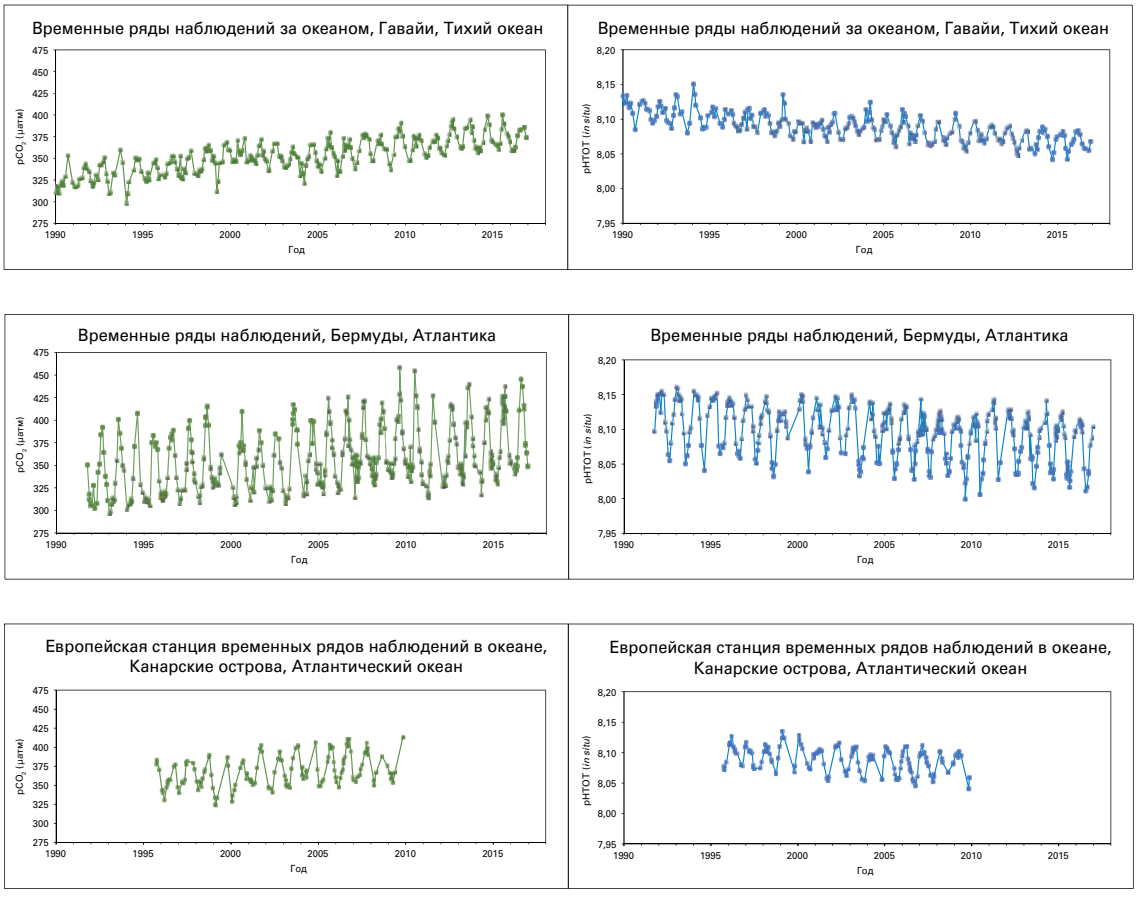


Рисунок 9. Данные наблюдений за pCO_2 и pH с трех станций долгосрочных наблюдений за океаном. Вверху: временные ряды наблюдений за океаном на Гавайях в Тихом океане. Посередине: временные ряды наблюдений в районе Бермуд в Атлантике. Внизу: Европейская станция временных рядов наблюдений в океане, Канарские острова, в Атлантическом океане.
Источник: Ричард Фили (Тихоокеанская лаборатория НУОА по морской окружающей среде) и Марин Лебрек (Международный координационный центр по закислению океана Международного агентства по атомной энергии)

После достижения своей максимальной величины ниже среднего, протяженность морского льда оставалась второй в ряду рекордно низких за всю историю наблюдений до конца мая и продолжала оставаться в числе 10 самых низких до конца августа. Как и в 2017 году, сильная, стойкая система низкого давления над Арктикой помогла замедлить убыль льда и сохранять температуры ниже средних, особенно в конце лета. Протяженность арктического морского льда достигла своего минимума в середине сентября. В сентябре протяженность морского льда за месяц составила 5,45 млн км^2, что примерно на 28 % ниже среднего и является шестым показателем по размеру в ряду минимальных протяженностей в сентябре в истории наблюдений (рисунок 10, слева). Все 12 случаев минимальных протяженностей морского льда в сентябре наблюдались с 2007 года. Протяженность морского льда была особенно мала в Восточно-Сибирском море, северных частях моря Лаптевых и Чукотского моря. В восточной части моря Бофорта и в северных частях Карского и Баренцева морей наблюдался покров морского льда близкий к средним значениям или выше их.

После достижения минимальных значений в сентябре протяженность морского льда в Арктике увеличивалась более медленными темпами, чем обычно, до середины октября, когда распространение льдов ускорилось вплоть до конца ноября. К декабрю темпы распространения льдов вновь замедлились, и в конце 2018 года суточная протяженность ледового покрова достигла почти рекордно низких уровней.

Протяженность морского льда в Антарктике также была значительно ниже средней в течение всего 2018 года. Его месячная протяженность в январе стала второй среди самых небольших, а в феврале — самой низкой. Годовой минимум протяженности морского льда наблюдался в конце февраля, а среднемесячное значение составило 2,28 млн км^2, что на 33 % ниже среднего и является рекордно низким в комплекте данных C3S и вторым из самых низких в данных НЦДСЛ. В конце летнего сезона состояние морского льда в Антарктике было весьма изменчивым в течение нескольких лет, причем рекордно большая протяженность морского льда наблюдалась еще в 2008 году. За семь месяцев с февраля по август месячная протяженность морского льда вошла в число 10 самых низких за всю историю наблюдений.

Протяженность антарктического морского льда достигла своего годового максимума в конце сентября — начале октября. Среднемесячная протяженность в сентябре составила 17,82 млн км^2, что на 4 % ниже среднего и является вторым наименьшим показателем в истории наблюдений по данным C3S и пятым из наименьших по данным НЦДСЛ (рисунок 10, справа). Ниже среднего уровня ледовый покров наблюдался в некоторых северных частях моря Уэдделла и южной части Индийского океана. После максимального распространения в начале весны, антарктический морской лед убывал быстрыми темпами, причем его месячная протяженность была одной из пяти самых низких за каждый месяц до конца 2018 года. В последние дни 2018 года суточная протяженность антарктического морского льда достигла рекордного минимума.

ГРЕНЛАНДИЯ

Гренландский ледяной щит теряет ледовую массу почти каждый год в течение последних двух десятилетий. Баланс поверхностной массы льда (БПМ) представляет собой предварительную оценку изменений поверхностного льда и включает составляющие, рассматриваемые в связи с поверхностным льдом, в том числе

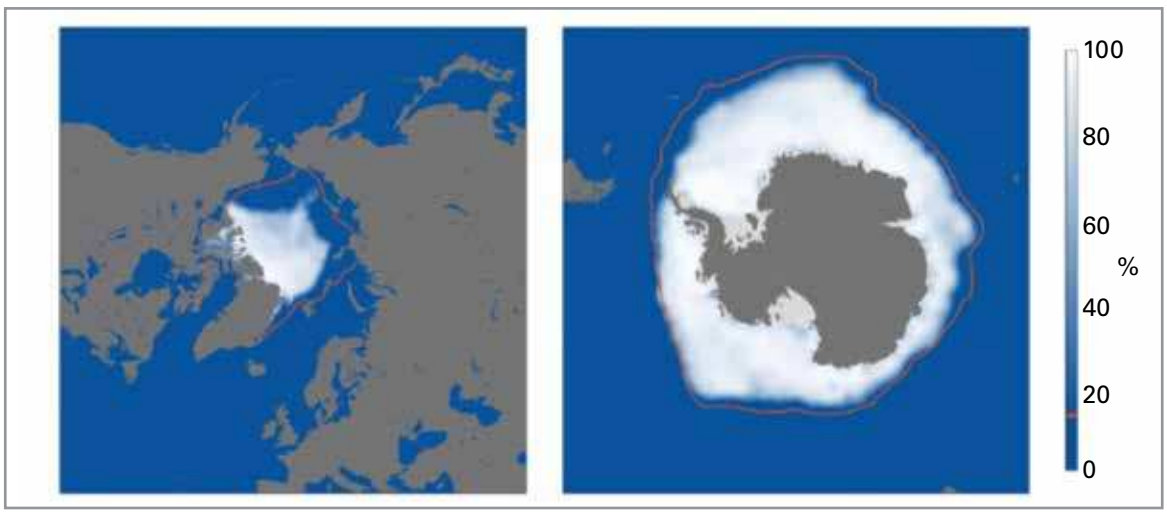


Рисунок 10. Средняя концентрация морского льда (в %) за сентябрь 2018 г. по данным анализа C3S (голубое и белое затенение). Розовая линия показывает климатологическую кромку льда за период 1981—2010 гг. *Источник: данные Службы изменения климата в рамках программы «Коперник» ЕЦСПП (ERA-Interim)*

Баланс массы антарктического ледяного щита

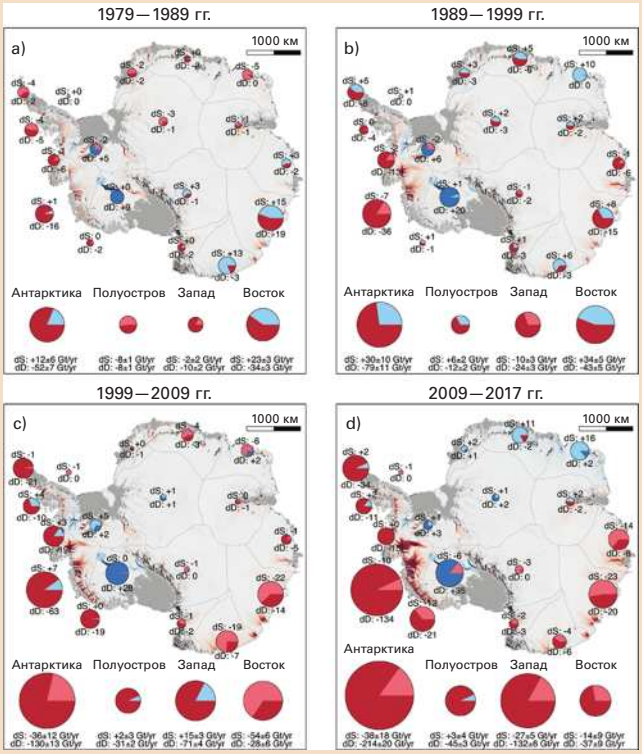
Эрик Риньо[1], Майкл Спэрроу[2]

[1] Калифорнийский университет совместно с Лабораторией реактивного движения, Калифорнийский технологический институт

[2] ВМО

Антарктика содержит объем льда, который можно выразить в эквиваленте уровня моря, равном 57,2 м[1]. Его годовой чистый прирост по массе за счет снегопадов составляет 2100 Гт без учета шельфовых льдов, что соответствует колебанию глобального уровня моря в размере 5,8 мм[2]. В состоянии массового равновесия накопление снега во внутренней части материка уравновешивает поверхностную абляцию (перенос ветром и сублимацию), а также сброс льда по периферии в Южный океан. Почти половина материкового льда, который пересекает линию налегания и достигает океана, образуя плавающие шельфовые ледники, тает при соприкосновении с водой, в то время как другая половина распадается и откалывается, превращаясь в айсберги[3, 4].

Недавние наблюдения показали, что расположенный по периферии ледяной покров теряет массу из-за активизации движения ледников, проистекающего увеличивающимися с течением времени темпами, в то время как накопление снега во внутренней части материка уже долгое время происходит без изменений. В ходе недавних исследований[5] была проведена оценка баланса массы антарктического ледяного щита за последние четыре десятилетия с использованием всесторонних, точных спутниковых наблюдений и выходной продукции региональной модели атмосферного климата с целью документирования его влияния на повышение уровня моря. Потеря массы обусловлена главным образом ускорением движения ледников в районах, наиболее близких к теплым, соленым, приповерхностным циркумполярным глубинным водам, включая восточную Антарктику, которая была основным источником поступающего в океан льда в течение всего указанного периода. Те же самые сектора Антарктики, вероятно, будут служить ключевым фактором повышения уровня моря и в последующие десятилетия,



Баланс массы льда в Антарктике за четыре периода: a) 1979—1990 гг., b) 1989—2000 гг., c) 1999—2009 гг. и (d) 2009—2017 гг. Размер круга пропорционален абсолютной магнитуде аномалии, а цвета варьируются от красного (потеря массы) до синего (увеличение массы). *Источник: (5)*

поскольку усилившиеся полярные западные ветра гонят все больше циркумполярных глубинных вод (ЦПГВ) к ледникам.

Общая потеря массы льда в Антарктике за 11-летний период с 1979 по 1989 год составила 40 ± 9 Гт/год, с 1989 по 1999 год она увеличилась до 50 ± 14 Гт/год, с 1999 по 2009 год — до 166 ± 18 Гт/год, а с 2009 по 2017 год — до 252 ± 26 Гт/год, то есть в шесть раз (см. рисунок).

Такие изменения, происходящие с ледниками и окружающими их шельфовыми льдами, соотносятся с усилением западных ветров в результате повышения уровня ПГ и истощения озонового слоя, в результате чего на континентальный шельф переносится больший объем ЦПГВ. С учетом увеличения объемов поступления ЦПГВ, что является основной причиной потери массы льда в заливе моря Амундсена и на Западном полуострове, по мнению Риньо и других авторов, подобная ситуация имеет место и на Земле Уилкса, в отношении которой крайне необходимо последовательно собирать новые океанографические данные. Проведенная указанными авторами оценка баланса массы льдов в сочетании с предыдущими исследованиями указывает на то, что сектор между ледником Ниннис/ледниковым щитом Кука и западными шельфовыми льдами может подвергаться воздействию ЦПГВ и в свою очередь способствовать повышению уровня моря на несколько метров при дальнейшем неутихающем потеплении климата.

---

[1] Fretwell, P., et al., 2013: Bedmap2: improved ice bed, surface and thickness datasets for Antarctica. *Cryosphere*, 7:375–393.

[2] van Wessem, J.M., et al., 2018: Modelling the climate and surface mass balance of polar ice sheets using RACMO2 – Part 2: Antarctica (1979-2016). *Cryosphere*, 12:1479–1498.

[3] Rignot, E., S. Jacobs, J. Mouginot and B. Scheuchl, 2013: Ice-shelf melting around Antarctica. *Science*, 341:266–270.

[4] Liu, Y., J.C. Moore, X. Cheng, R.M. Gladstone, J.N. Bassis, H-X. Liu, J-H. Wen and F-M. Hui, 2015: Ocean-driven thinning enhances iceberg calving and retreat of Antarctic ice shelves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112:3263–3268.

[5] Rignot, E., J. Mouginot, B. Scheuchl, M. van den Broeke, M.J. van Wessem and M. Morlighem, 2019: Four decades of Antarctic ice sheet mass balance from 1979–2017. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(4):1095–1103, http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1812883116.

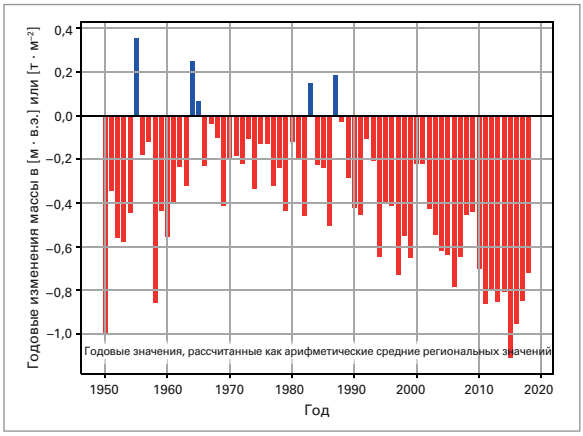


Рисунок 11. Годовой баланс массы контрольных ледников с более чем 30-летними рядами непрерывных гляциологических измерений. Годовые изменения массы в единицах метрового водного эквивалента (м в.э.), что соответствует тоннам на м² (т·м⁻²). *Источник: World Glacier Monitoring Service (2017, updated and earlier reports), https://wgms.ch/faqs/*

осадки и компоненты, которые обуславливают убыль льда, такие как сток талой воды, испарение и выдувание ветром. Окончательный расчет баланса массы льда будет также учитывать потерю льда при движении льда и уменьшение ледника за счет отламывания кусков льда и уноса их в океан. Однако эти факторы не включались в БПМ, в результате чего показатели БПМ выше, чем общее возможное изменение массы льда.

В 2018 году, как и в 2017 году, наблюдалось увеличение БПМ по причине выпадения снежных осадков выше среднего, особенно в восточной части Гренландии, и близкого к норме периода снеготаяния. Несмотря на прохладные и снежные условия летнего сезона, в июле и августе наблюдались три явления поверхностного таяния, при этом более 30 % поверхности ледяного щита подвергались таянию во время каждого такого события. Примерно более 150 гигатонн массы льда нарастет к ледяному покрову по сравнению со средним значением за период 1981—2010 годов, что является шестым наибольшим по объему событием в 1960—2018 годах за весь период наблюдений. Это самый значительный чистый прирост БПМ с 1996 года и самый обильный снегопад с 1972 года. Несмотря на увеличение совокупного БПМ в 2017 и 2018 годах, это лишь небольшое отклонение от тенденции за последние два десятилетия, которая подтвердила сокращение ледовой массы Гренландского ледяного щита приблизительно на 3600 гигатонн с 2002 года. В недавнем исследовании также изучались ледяные керны, взятые в Гренландии, которые отражали явления таяния, уходящие корнями до середины 1500-х годов. В ходе исследования было установлено, что таяние льда в Гренландии такого масштаба не происходило, по крайней мере, в течение последних 500 лет.

ЛЕДНИКИ

Всемирная служба мониторинга ледников осуществляет мониторинг баланса массы ледников, используя ряд глобальных контрольных ледников с более чем 30-летними рядами наблюдений за период 1950—2018 годов. Они охватывают 19 горных районов. Предварительные результаты за 2018 год, основанные на подгруппе ледников, показывают, что 2017/18 гидрологический год был тридцать первым годом подряд с отрицательным балансом массы, а именно с балансом массы водного эквивалента, равным –0,7 м (рисунок 11). Суммарная убыль льда с 1970 года составляет до 21,1 м водного эквивалента[6].

Жаркое лето в некоторых частях Европы, включая рекордную жару в некоторых районах, вызвало массовые потери льда для многих альпийских ледников. Выпадение обильных снежных осадков в течение зимнего сезона 2017/18 года позволило частично защитить ледники от летней жары. В апреле и мае на многих швейцарских ледниках были зарегистрированы рекордные высоты снежного покрова. Однако в теплые летние месяцы выпало очень мало снега, и, вкупе с третьим самым жарким летом со времени начала наблюдений в Швейцарии, ледники страны потеряли в среднем 1,5—2,0 метра толщины льда. По данным Экспертной комиссии по криосферным измерительным сетям Академии наук швейцарские ледники за последние 10 лет потеряли пятую часть своего объема.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

В течение 2018 года средняя площадь снежного покрова Северного полушария составляла 25,64 млн км². Она была на 0,77 млн км² больше, чем в среднем за 1981—2010 годы, заняла тринадцатое место по размерам площади распространения годового снежного покрова со времени начала спутниковых наблюдений в ноябре 1966 года и была немного меньше, чем в 2017 году. В течение большей части месяцев наблюдался снежный покров выше среднего, а в конце весны и летом — ниже среднего. Континентальные аномалии снежного покрова по всей Северной Америке были в целом больше, чем аномалии снежного покрова для Евразии.

Отсутствуют сопоставимые данные по снежному покрову в Южном полушарии, где (за исключением Антарктики) снег, как правило, редко выпадает на суше за пределами высокогорных районов. На возвышенностях Нового Южного Уэльса и в отдельных частях Виктории в Австралии снежный сезон начался рано по сравнению с последними годами, причем с

[6] Этот показатель представляет собой толщину слоя воды, образовавшегося в результате равномерного распределения воды в жидком виде из снега и льда, утраченных за последние 48 лет, по площади ледников. Это дало бы столб воды высотой 21,1 м над каждым м² ледника.

сильным снегопадом, выпавшим в середине июня. В Спенсерс Крик, Новый Южный Уэльс, снежный покров высотой 73,6 см регистрировался на протяжении 5 дней в июне, что привело к самым высоким значениям высоты снежного покрова с 2000 года для начала сезона. Многочисленные холодные фронты и температуры ниже среднего повлияли на регион в оставшуюся часть зимнего сезона, вызвав почти непрерывное накопление снега. Снег продолжал выпадать на возвышенных местах гор Нового Южного Уэльса с высотой снежного покрова, достигавшей 224,6 сантиметров в конце августа в Спенсерс Крик, что немного меньше, чем 240,9-сантиметровый пик, наблюдавшийся в сентябре 2017 года. Пиковая высота снежного покрова была выше долгосрочного среднего значения, составляющего 190 см.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

На основе исторических данных о давлении и температуре поверхности моря были выявлены некоторые повторяющиеся и доминирующие закономерности. Они часто называются «модами» изменчивости и описывают или влияют на условия на больших территориях мира во временных масштабах от сезонов до нескольких лет и далее.

Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК) является одним из наиболее важных факторов, определяющих годовую изменчивость мировых погодных условий, а также глобальной температуры. Тихий океан также оказывает глобальное влияние в более длительных временных масштабах через посредство тихоокеанского десятилетнего колебания (ТДК). Индоокеанский диполь (ИОД), который связан с изменениями градиента температуры поверхности моря в Индийском океане, влияет на погоду по периферии океанского бассейна, также как и азиатский муссон. В Северной Атлантике медленные изменения температуры поверхности моря, называемые атлантической мультидекадной осцилляцией, оказывают влияние на климат всего бассейна, включая образование ураганов. Арктическое колебание (АК) и северо-атлантическое колебание (САК) являются тесно связанными модами, представляющими собой режимы изменчивости атмосферной циркуляции в средних — высоких широтах северного полушария. В положительных фазах этих мод усиливается западная циркуляция в средних широтах. Отрицательный режим изменчивости связан с ослаблением циркуляции. Изменения в АК и САК наблюдаются во всех временных масштабах от суток до десятилетий. В Южном полушарии существует эквивалентная мода, известная как Антарктическое колебание (ААК), часто называемое Южной кольцевой модой (ЮКМ).

2018 год начался со слабого явления Ла-Нинья, с более холодными, чем обычно, поверхностными водами в тропической зоне Тихого океана. Ла-Нинья продолжалась до марта, когда температура приблизилась к норме. В конце года температура поверхности моря в восточной тропической части Тихого океана повысилась, показывая признаки возвращения к Эль-Ниньо. Однако атмосфера не реагировала так, как это было характерно для Эль-Ниньо, и обратные связи, которые отмечают сформировавшееся Эль-Ниньо — такие как ослабленные тихоокеанские пассаты, увеличение облачности по линии смены дат и ослабление градиента давления на акватории Тихого океана — отсутствовали. Несмотря на слабый отпечаток явления Ла-Нинья на среднегодовых температурах в Тихом океане, типичные режимы атмосферных осадков, связанные с изменчивостью ЭНЮК, будь то явления Ла-Нинья или Эль-Ниньо, не были столь очевидны в 2018 году (см. раздел об осадках).

С конца 1990-х годов до почти 2014 года ТДК находилось в преимущественно негативной фазе. Эта отрицательная фаза была использована для объяснения временного снижения темпов потепления поверхности, в то время как тепло продолжало накапливаться с устойчивой скоростью в океанах. На протяжении 2015 и 2016 годов. ТДК было положительным, но в 2018 году оно снова стало преимущественно отрицательным. В коротких масштабах времени трудно провести различие между факторами влияния ЭНЮК и ТДК.

Хотя ИОД был преимущественно отрицательным в первой половине 2018 года, он сместился в положительную фазу с сентября по декабрь. В течение весенних месяцев в Южном полушарии положительный индекс ИОД связан с более сухими условиями в центральной и южной частях Австралии.

В 2018 году месячное значение САК было устойчиво положительным, за исключением марта и ноября. Зимой положительное значение САК обычно ассоциируется с теплыми и влажными условиями в Северной Европе и более сухими, прохладными условиями к югу. Отрицательное значение САК часто связано с более сухими и холодными условиями по всей Северной Европе. В марте период холодов затронул область от Соединенного Королевства и Северной Ирландии на восток через Северную Европу в Азию. Дальше к югу температура была выше нормы. В конце октября—декабре ЮКМ была положительной. В это время года положительная ЮКМ связана

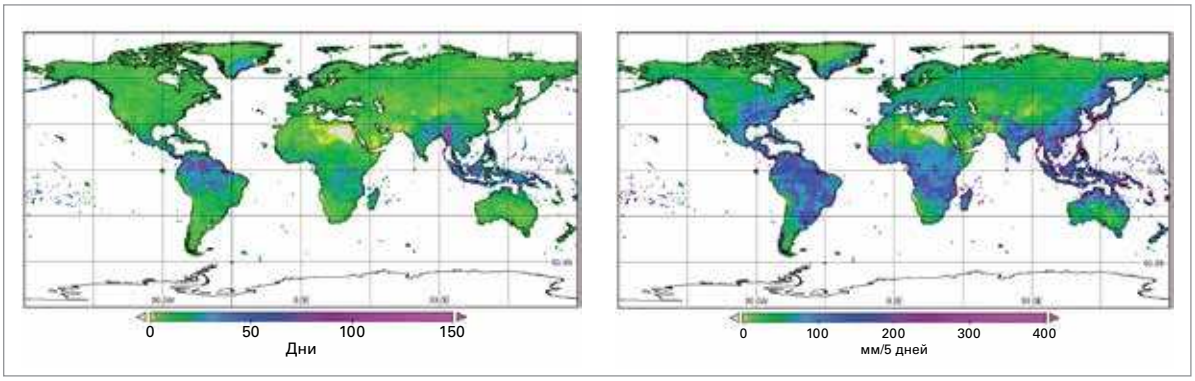


Рисунок 12. Слева: ПВД в 2018 г. Справа: наибольшее количество суммарных осадков за 5 дней (RX5) в 2018 г. *Источник: Глобальный центр климатологии осадков, DWD*

с повышенной вероятностью осадков выше среднего в отдельных районах Восточной Австралии.

ОСАДКИ

Несмотря на то, что слабые условия явления Ла-Нинья наблюдались в начале 2018 года, позже изменившись на нейтральные, типичные проявления воздействий на осадки отсутствовали. Например, в Калифорнии произошло несколько наводнений, тогда как во время явлений Ла-Нинья их совсем не ожидается.

В отличие от других важных климатических переменных, не существует единого показателя, который мог бы эффективно обобщить глобальные изменения осадков. Действительно, некоторые из прогнозируемых изменений в выпадении осадков в ответ на изменение климата влияют на повторяемость и интенсивность дождевых осадков, которые недостаточно хорошо охватываются обычными месячными или годовыми средними показателями. Был разработан ряд индексов, которые предоставляют такую дополнительную информацию. Одним из таких индексов является показатель «последовательные влажные дни» (ПВД), который предоставляет информацию о наиболее длительной продолжительности таких дней за определенный промежуток времени (рисунок 12). Другим — RX5, который фиксирует в целом наиболее высокое количество осадков за 5 дней.

Самые продолжительные периоды ПВД происходят во время индийских муссонов и во внутритропической зоне конвергенции (ВЗК) на территории Южной Америки и Малайского архипелага. Регионы, где наблюдаются дни с интенсивными осадками (> 20 мм ежесуточных осадков), связаны с ВЗК, а также с африканскими и индийскими муссонами и в средних широтах на наветренных склонах прибрежных горных местностей. Такими регионами, в среднем, являются также районы с самым высоким RX5 (рисунок 12, справа). Выпадение более 300 мм осадков было зарегистрировано локально в течение 5 дней в Афганистане, что явилось следствием ряда событий в мае с обильными осадками, вызвавшими внезапные паводки и связанные с ними смертные случаи.

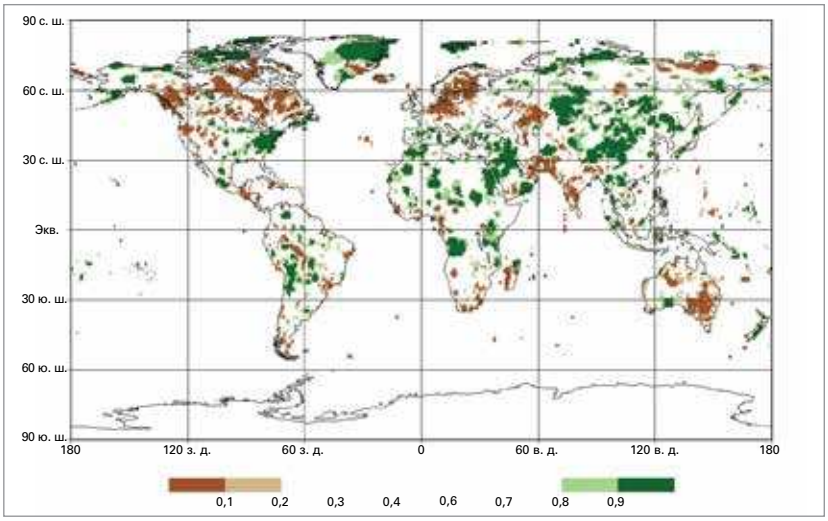


Рисунок 13. Годовое общее количество осадков в 2018 г., выраженное в виде процентиля по отношению к базовому периоду 1951—2010 гг., для областей, которые приходились бы на самые засушливые 20 % (коричневый цвет) и самые влажные 20 % (зеленый цвет) годы в течение базового периода, при этом более темные оттенки коричневого и зеленого цвета указывают на наиболее засушливые и наиболее влажные 10 % лет соответственно. *Источник: Глобальный центр климатологии осадков, DWD*

В 2018 году в некоторых районах Северной и Восточной Африки, Аравийского полуострова, Центральной и Юго-Восточной Азии и Малайского архипелага, юго-западной части Австралии, Новой Зеландии и восточных районах Северной Америки наблюдались значительные положительные аномалии осадков относительно климатологических данных 1951—2010 годов, в некоторых местах выше 90-го процентиля (рисунок 13). Количества осадков выше среднего также наблюдались в Японии, Юго-Западной и Юго-Восточной Европе, в некоторых местах Южной Америки и, как было отмечено ранее, в Афганистане. В районе Северного Ледовитого океана также наблюдались осадки выше среднего.

Осадки ниже нормы, частично ниже 10-го процентиля, были отмечены в центральной и восточной частях Австралии, на северном и восточном побережье Аравийского моря и северо-востоке Каспийского моря, а также в некоторых местах Центральной и Северной Америки и Южной Африки. Сообщалось также о дефиците осадков в центральных и северных

частях Европы и Аргентины. В некоторых из этих регионов также выпало количество осадков ниже нормы в 2017 году, как, например, в некоторых районах Южной Африки, восточной Австралии или северной части Северной Америки.

Индийский летний муссон принес меньше осадков, чем обычно, в горные районы Западных Гат и восточные части Гималаев, но более высокое, чем обычно, количество осадков в западные Гималаи. Дождевые осадки по территории всей Индии за июнь-сентябрь 2018 года были примерно на 9 % ниже многолетних средних показателей. Африканский муссон принес больше нормы осадков в большинство районов и распространился далеко в регион Сахели. Однако регион между Сенегалом и Кот-д'Ивуаром получил осадков меньше нормы.

Примечательные события, связанные с обильными осадками или непрерывными дождевыми осадками, произошли в регионе между озером Виктория и Эфиопским нагорьем; на восточном и северном побережьях Бенгальского залива до восточных частей Гималаев из-за индийских летних муссонов; и в Юго-Восточной Азии из-за многократного возникновения тропических штормов. В северных районах Средиземноморья отмечались многочисленные случаи выпадения обильных осадков. Несколько быстроразвивающихся паводков были вызваны неоднократными интенсивными осадками на Ближнем Востоке. В Аргентине некоторые регионы подверглись воздействию засухи, в то время как в других наблюдались быстроразвивающиеся паводки. В начале года на Центральную Европу обрушились наводнения, но позже в этом же регионе отмечались чрезвычайно засушливые условия. В Исландии в Рейкьявике этот год был очень влажным: был зарегистрирован 261 день с интенсивными осадками, что является самым высоким показателем за всю историю метеорологических наблюдений. Май стал самым влажным месяцем из всех майских периодов в истории наблюдений: влажность была в три раза выше средних месячных условий, характерных для мая, а дождь шел каждый день месяца. В ноябре в городе выпало самое большое суммарное количество осадков за 2 суток — 83,2 мм.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

ТРОПИЧЕСКИЕ ШТОРМЫ

В 2018 году наблюдался активный сезон тропических циклонов в Северном полушарии. Количество тропических циклонов превышало среднюю величину для всех четырех бассейнов в Северном полушарии. В 2018 году было

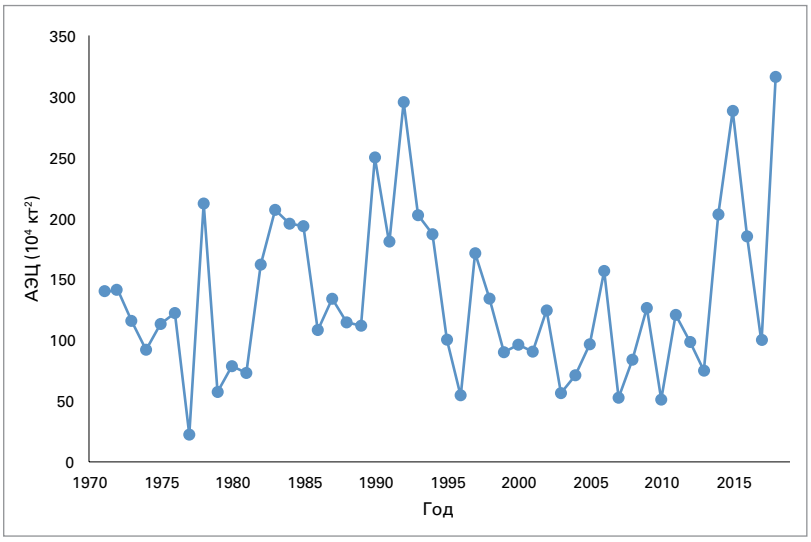


Рисунок 14. Аккумулированная энергия циклонов (АЭЦ) для бассейна северо-восточной части Тихого океана в 1971—2018 гг. *Источник: Университет штата Колорадо*

зарегистрировано 74 тропических циклона, что значительно превышает их долгосрочное среднее количество, которое составляет 63 циклона. Особенно активным был бассейн северо-восточной части Тихого океана с величиной аккумулированной энергии циклонов[7] в 316 кт^2, наивысшей со времени начала составления надежных рядов спутниковых наблюдений (рисунок 14). Циклоническая активность в Южном полушарии в сезоне 2017—2018 годов была близка к средней величине и составила 22 циклона.

Двумя наиболее мощными тропическими циклонами года были *Мангхут (Омпонг)* и *Юту (Росита)* в северо-западной части Тихого океана. *Мангхут (Омпонг)* пересек северную часть Филиппин в середине сентября, затем прошел над югом Гонконга, Китай, прежде чем выйти на сушу в провинции Гуандун Китая. От него пострадало более 2,4 млн человек. Согласно данным Департамента сельского хозяйства Филиппин его воздействию подверглись более 550 000 гектаров сельскохозяйственных угодий с высокими сельскохозяйственными потерями. Количество смертных случаев достигло 134 человека, из которых 127 — на Филиппинах. В Гонконге, Китай, высота штормового нагона воды в бухте Виктория была 2,35 м — наивысшая отметка за весь период наблюдений. *Юту (Росита)*, который пересек северную часть Марианских островов в октябре почти на пике интенсивности, нанес значительный ущерб этому региону.

Джеби, который вышел на сушу вблизи Кобе 4 сентября, был мощнейшим циклоном, поразившим Японию с 1993 года. Произошли многочисленные затопления территории в

[7] Индекс аккумулированной энергии циклонов (АЭЦ) объединяет интенсивность и жизненный цикл каждого циклона и является показателем общей активности.

результате разливов рек и штормовых нагонов воды, при этом была затоплена большая часть международного аэропорта Кансаи (вблизи города Осака). В июне прошел циклон *Шонтинь*, вызвавший обширные затопления во Вьетнаме, а также в Лаосской Народно-Демократической Республике, при этом произошел прорыв плотины, вызвавший как минимум 55 смертных случаев. Тайфун *Сулик* в конце августа пересек Корейский полуостров и вызвал массивные наводнения в Корейской Народно-Демократической Республике, от которых погибли, по крайней мере, 86 человек. В конце года тропический циклон *Усман* поразил центральную часть Филиппин 29 декабря, сопровождаясь обильными дождями и оползнями.

В 2018 году имели место два значительных выхода ураганов на материковую часть Соединенных Штатов Америки с совокупным ущербом, оцениваемым на сумму около 49 млрд долл. США. Ураган *Флоренс* ослаб с категории 4 до категории 1 перед тем, как обрушиться на побережье Северной Каролины в сентябре, но, тем не менее, вызвал экстремальные осадки и значительные затопления территории, особенно в прибрежных районах. *Майкл* в октябре обрушился на Мехико бич, Флорида, будучи системой категории 4 с атмосферным давлением в центре 919 гПа (предварительная оценка), что стало наиболее интенсивным зарегистрированным выходом урагана на сушу в этом регионе и самым интенсивным выходом урагана на сушу в континентальной части Соединенных Штатов Америки, по крайней мере с 1992 года, и причинило серьезный ущерб от воздействия сильных ветров и штормовых нагонов воды. Как минимум 53 смертных случая связаны с *Флоренс* и 49 — с *Майкл*.

Три урагана в восточной и центральной частях Тихого океана достигли в 2018 году категории интенсивности 5: *Лэйн*, *Валака* и *Вилла*. Наиболее значительные последствия вызвал *Лэйн*, который приблизился к Гавайским островам (хотя и при интенсивности значительно ниже пиковой) и вызвал чрезвычайно обильные осадки; был зарегистрирован 1321 мм дождевых осадков за 96 часов в период 22—26 августа в Маунтин Вью, на одном из гавайских островов, что явилось самой высокой суммой штормовых дождевых осадков в ряду наблюдений за гавайскими тропическими циклонами и второй по величине для Соединенных Штатов Америки после урагана *Харви* в 2017 году. Ранее в этом году при событии, не связанном с тропическим циклоном, в Ханалеи, на северном побережье острова Кауаи, было зарегистрировано выпадение 1262 мм осадков за 24 часа 14 и 15 апреля, что является новым рекордным значением для Соединенных Штатов Америки.

Три из пяти северных индийских циклонов поразили Йемен: *Согар* и *Мекуну* в мае и *Лубан* в октябре. Наиболее интенсивным из них был *Мекуну*, который вышел на сушу вблизи Салалы, Оман, в конце мая. Погибли, по меньшей мере, 24 человека, причем большая часть на острове Сокотра. *Титли* вышел на сушу 11 октября в Андхра Прадеш, на восточном побережье Индии, приведя к гибели 85 человек главным образом в результате затопления территории.

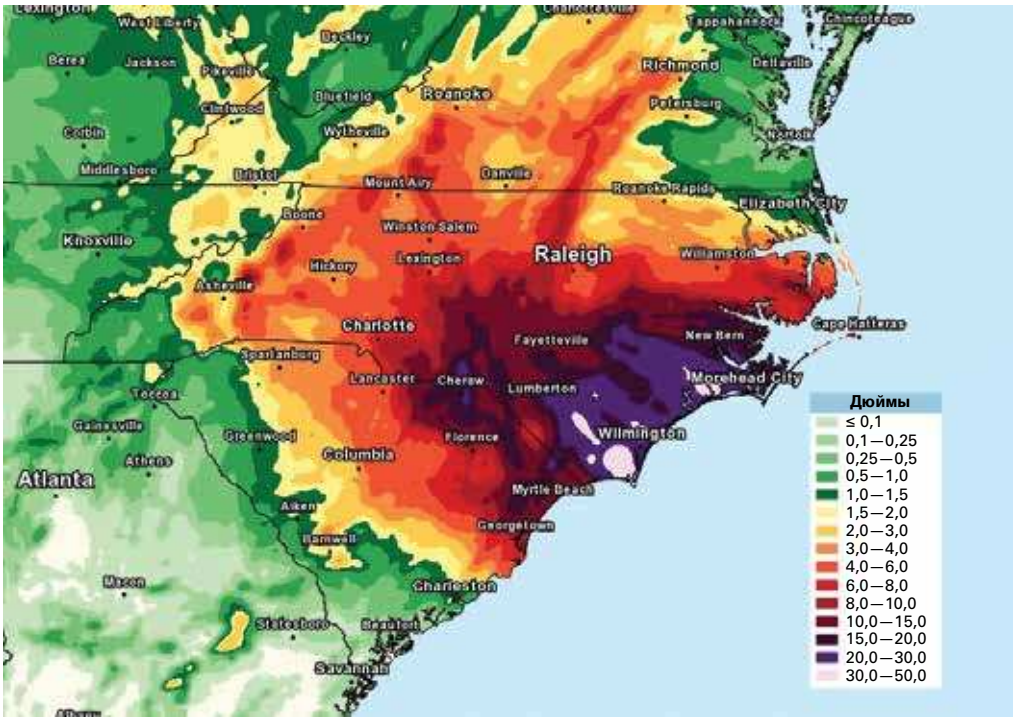


Рисунок 15.
Оценка количества осадков в урагане Флоренс на 18 сентября 2018 г.
Источник: Восточное региональное управление Национальной метеорологической службы Соединенных Штатов Америки

Два тропических циклона поразили восточное побережье Мадагаскара в начале 2018 года: *Ава* в январе и *Елиаким* в марте. Оба подошли очень близко к побережью и сопровождались в обоих случаях крупными затоплениями территорий и значительными человеческими жертвами. Чрезвычайно обильные дождевые осадки, связанные с тропическими циклонами, также временами имели место в начале 2018 года на острове Реюньон с суточной суммой осадков 847,5 мм в Гран-Куд 18 января в период тропического циклона *Бергитта* и с часовыми суммарными осадками 176 мм в Санит-Роз 24 апреля во время тропического циклона *Факир*; последняя величина является наивысшей часовой суммой осадков, измеренной автоматической наблюдательной станцией на данной территории.

Гита в южной части Тихого океана в феврале 2018 года был наиболее интенсивным тропическим циклоном в истории, поразившим Тонга, пройдя 30 км южнее наиболее густонаселенного острова Тонгатапу. Это был самый дорогостоящий шторм с точки зрения причиненного ущерба за всю историю Тонга. Значительный ущерб был нанесен также Самоа, Американскому Самоа и отдаленным островам Фиджи.

НАВОДНЕНИЯ, ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ И ВНЕТРОПИЧЕСКИЕ ШТОРМЫ

В августе юго-западный индийский штат Керала пострадал от крупного наводнения, по сообщениям, самого разрушительного с 1924 года, в результате непрекращающихся обильных муссонных дождей. Дождевые осадки по всему штату в августе на 96 % превышали долгосрочные средние значения, при этом недельные суммарные осадки, выпадавшие в неделю с 9 по 15 августа и с 16 по 22 августа, превышали среднее значение на 258 % и 218 % соответственно. В Ниламбале 9 августа выпало 400 мм, а за 2 дня с 15 по 16 августа в Пирмэйде — 620 мм. Количество погибших составило 223 человека, и, как сообщал Национальный комитет по борьбе со стихийными бедствиями, более 1,4 млн человек были размещены во временных жилищах, а всего, так или иначе, пострадали от бедствия более 5,4 млн человек. Общий ущерб, по оценкам, составил 4,3 млрд долл. США.

Значительные районы западной Японии подверглись разрушительному воздействию наводнения в конце июня и начале июля в результате непрекращающихся дождей, вызванных почти стационарным барическим фронтом. Суммы выпавших осадков достигали в Янасе на острове Сикоку 1025 мм за 48 часов на пике системы при сумме в 1853 мм за период с 28 июня по 8 июля. Всего погибло минимум 245 человек и 6767 домов было разрушено.

В некоторых районах бассейна реки Нигер и ее притоков, особенно в северной и центральной частях Нигерии и Нигере, в сентябре было зарегистрировано крупное наводнение, вызванное обильными осадками в конце августа и позднее. Пики паводков были в целом ниже, чем наблюдавшиеся в 2012 году, но последствия были все же весьма существенными, учитывая сообщения о 200 погибших и 561 000 внутренне перемещенных лиц.

Наводнениям подверглись многие части восточной Африки в марте и апреле. Сюда входят Кения и Сомали, которые ранее страдали от суровой засухи, а также Эфиопия и северная и центральная Танзания. Осадки за период с марта по май как минимум вдвое превысили средние значения для большей части территории Кении и северной части Объединенной Республики Танзания; наводнения стали причиной по крайней мере 87 человеческих жертв в Кении и 14 — в Объединенной Республике Танзания.

В конце октября и ноябре от обильных осадков и бурных паводков пострадали различные районы Ближнего Востока. Заслуживают внимания осадки, выпавшие в объеме 84 мм за 6 часов в Абу Хаморе, Катар, 20 октября, в объеме 102,8 мм за сутки в Аль Фуджаирахе, Объединенные Арабские Эмираты, 28 октября и 49,2 мм в аэропорту Кувейта 9 ноября. Сообщалось о бурных паводках с человеческими жертвами в Иордании в конце октября и 9—10 ноября, и в Ираке со 2 по 25 ноября.

ВОЛНЫ ТЕПЛА И ЗАСУХА

В конце весны и летом 2018 года на значительной части Европы установились беспрецедентная жара и засуха. Температуры намного превышали средние значения, а осадков выпадало намного меньше среднего с апреля и далее в большой части Северной и Западной Европы.

Некоторые наиболее аномальные условия затронули Северную Европу с мая по июль. Этот период был наиболее сухим и жарким в рядах данных наблюдений во многих частях центральной и южной Скандинавии; осадки с мая по июль в Лунде в южной Швеции, где начало наблюдений датируется 1748 годом, составляли лишь около половины самого низкого зарегистрированного ранее показателя. Дания зарегистрировала самое жаркое лето и самый засушливый период с мая по июль, а Норвегия и Финляндия — самый жаркий июль. Кульминацией этому явилась продолжительная волна

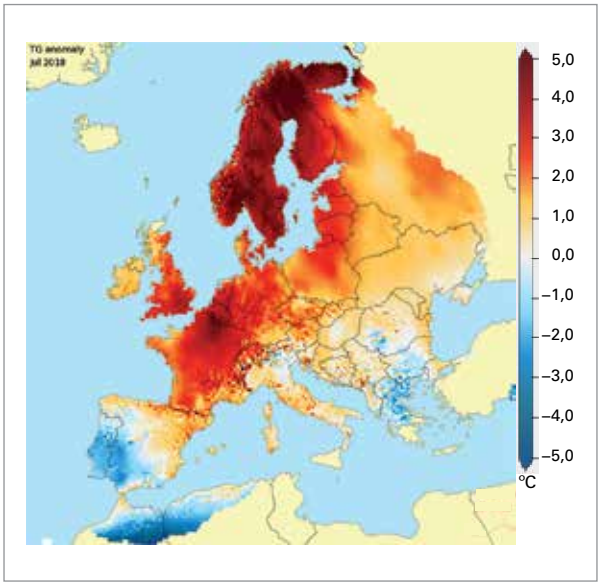


Рисунок 16. В Европе в течение многих месяцев 2018 г. отмечались высокие температуры, как продемонстрировано на данном рисунке для июля. *Источник: Ежемесячные отчеты о состоянии климата в Европе Службы изменения климата в рамках программы «Коперник»*

тепла в конце июля и начале августа, которая включала различные рекордно высокие температуры к северу от Северного полярного круга и рекордно длительную продолжительность высоких температур, включая 25 следующих друг за другом дней с температурой выше 25 °C в Хельсинки-Вантаа, Финляндия, и 8 следующих друг за другом дней с температурой выше 30 °C в Ляэне-Нигула, Эстония. Теплые ночи и высокая влажность также характеризуют этот период с рекордными показателями, включающими семь следующих друг за другом ночей с температурой выше 20 °C в Риге, Латвия, и рекордную для страны точку росы 24,8 °C, зафиксированную 1 августа в Карлскроне, Швеция. Это также был исключительно теплый и сухой период в Соединенном Королевстве и в Ирландии.

Условия в этих районах стали более умеренными с середины августа, но они оставались необычно теплыми и сухими далее к югу. Засушливые условия были особенно устойчивыми в Германии, где период с апреля по сентябрь был вторым по засушливости в рядах данных наблюдений, что привело к значительной потере сельскохозяйственной продукции, и в восточной Швейцарии (самые засушливые месяцы с апреля по ноябрь в рядах данных наблюдений), при этом западная Польша, Чехия (с самыми сухими месяцами с января по август), Нидерланды и северо-восточная Франция также находятся среди затронутых областей. В Латвии был самый засушливый год в рядах данных наблюдений (29 % ниже среднего), а в Чехии — второй по засушливости (24 % ниже среднего), причем далее к северу в Стокгольме зафиксирован самый засушливый год с 1892 года. В Уккеле (неподалеку от Брюсселя) отмечен второй по засушливости год в рядах данных наблюдений (25 % ниже среднего).

Наиболее значительная волна тепла в Центральной Европе пришлась на конец июля и начало августа. Во Франции она имела продолжительность аналогичную продолжительности волны тепла в 2003 году, но была менее интенсивной; тем не менее, было зарегистрировано 1500 преждевременных смертных случаев. В Германии в ряде пунктов в районе Франкфурта было отмечено 18 дней подряд с температурой выше 30 °C с 23 июля по 9 августа. Далее к юго-западу короткая, но интенсивная волна тепла затронула Испанию и Португалию в начале августа. В Португалии 4 августа был самым жарким днем в стране в XXI веке, когда 40 % станций зафиксировали рекордные показатели, включая Лиссабон-Гагу Коунтиньу (44,0 °C). В Армении был самый теплый июль в рядах данных наблюдений, а в Ереване был установлен рекорд самой высокой температуры за всю историю наблюдений — 43,7 °C.

Стихийные пожары достигли беспрецедентной протяженности распространения в Швеции — выгорело более 25 000 гектаров, а также аномальная интенсивность стихийных пожаров наблюдалась в Латвии, Норвегии, Германии, Соединенном Королевстве и Ирландии. Засушливые условия часто приводят к уменьшению стока некоторых центрально-европейских рек, например, сток Рейна приблизился к рекордно низкому уровню к середине октября и лишь немного восстановился в течение декабря. Это серьезно нарушило работу речного транспорта, сократив вес перевозимых товаров на 20—25 % по сравнению с 2017 годом. Имели место серьезные нарушения работы речного транспорта на реке Дунай в Сербии.

Восточная Австралия подверглась воздействию значительной засухи в течение 2018 года. Наиболее глубоко затронутым засухой районом оказалась внутриматериковая восточная Австралия, особенно в Новом Южном Уэльсе и южном Квинсленде, когда большая часть региона получала менее половины своей средней нормы осадков в период с января по сентябрь. В бассейне Мюррей-Дарлинг осадки с января по сентябрь были самыми низкими с 1902 года. Необычно засушливые условия также распространились на прибрежные районы в восточной Виктории, где был второй засушливый год подряд, а также на восточное побережье вокруг Сиднея. В большей части южного внутриматерикового Квинсленда, а также северо-западной Виктории и южного внутриматерикового Нового Южного Уэльса осадки были ниже средних большую часть периода с начала 2012 года, что прерывалось лишь краткими обильными дождями зимой и весной 2016 года. В Центральной Австралии

было засушливо даже по ее обычным стандартам, когда в Элис-Спрингс был зафиксирован рекордный период в 160 дней подряд без дождя. В середине года засушливые условия распространились на некоторые части Индонезии, где с июля по октябрь сильная засуха бушевала на Яве до тех пор, пока осадки не вернулись к близкой к средней норме в ноябре.

Значительно пострадал от засухи Афганистан, где недостаток дождевых осадков в начале года существенно сказался на растениеводстве, хотя в мае в некоторых частях страны выпали обильные дожди. Длительная засуха также продолжается и в западном Пакистане, где осадки в Белуджистане как минимум на 28 % ниже средних значений каждый год в течение пятилетнего периода с 2014 по 2018 год. Особенно засушливым был 2018 год, когда осадков выпало на 62 % ниже среднего, т. е. это был четвертый по засушливости год с начала регистрации региональных данных наблюдений в 1961 году. Засуха была зафиксирована также в отдельных районах Ирана.

Суровая засуха поразила Уругвай и северную и центральную части Аргентины в конце 2017 года и начале 2018 года, причем наиболее интенсивный период продолжался с октября 2017 года по март 2018 года. Количество выпавших дождевых осадков за 6-месячный период в наиболее затронутых засухой аргентинских провинциях (Энтре Риос, Санта Фе, Кордоба, Буэнос-Айрес и Ла Пампа) было на 43 % ниже среднего за 1981—2010 годы, т. е. самое низкое в ряду данных наблюдений, при этом отдельные районы, для которых наиболее засушливый период пришелся на октябрь-март, согласно данным наблюдений, включали Буэнос-Айрес (364,7 мм) и Кордобу (329,2 мм). Засуха смягчилась к апрелю, а май был самым влажным месяцем в истории наблюдений. Засушливые условия привели к крупным потерям яровых культур, особенно бобов сои и кукурузы, при этом сельскохозяйственный ущерб оценивается в 5,9 млрд долл. США. Позднее в этом году в результате засухи в декабре погибло еще 30 % урожая соевых бобов в штате Парана в Бразилии.

В конце июля и начале августа исторически значимая волна тепла затронула части востока Азии. Наиболее сильно пострадавшим районом была Япония, в которой жара пришла на смену крупным паводкам ранее в этом же месяце. Национальный рекорд в 41,1 °C был установлен в Кимагайя 23 июля. Всего из-за жары в Японии скончалось 153 человека. Это было самое жаркое лето по данным наблюдений для восточной Японии. Корейский полуостров также серьезно пострадал: зафиксирована рекордная для Республики Корея температура (41,0 °C в Хончхоне 1 августа), а также городской рекорд для Сеула (39,6 °C) и вызванные жарой заболевания и сельскохозяйственные потери в Корейской Народно-Демократической Республике.

Летом 2018 года от волн тепла пострадала Северная Америка. Наиболее значительные последствия наблюдались в восточной части Канады, которая претерпела самое продолжительное и интенсивное за многие годы нашествие жары. В целом в Квебеке от вызванных жарой осложнений скончались 93 человека, когда температуры выше 35 °C в сочетании с точкой росы от 20 °C до 25 °C фиксировались в Монреале в начале июля, а экстремальные условия также наблюдались и в других частях южного Квебека и восточного Онтарио. В Монреале наблюдалась рекордная последовательность из 5 следующих друг за другом дней с температурой 33 °C и выше[8]. В конце лета в Калгари 10 августа был самый жаркий день в истории наблюдений, когда температура достигала 36,5 °C.

Исключительно высокие температуры наблюдались во многих частях Ближнего Востока и Северной Африки в конце июня и начале июля. 26 июня ночная температура в Кириат, Оман, упала только до 42,6 °C, что входит в число наивысших из зарегистрированных минимальных температур на земном шаре. В начале июля жара распространилась на север Африки, установив рекорд в ряде местностей Алжира, причем наивысшая температура в 51,3 °C была зафиксирована в Уаргла, что является национальным рекордным значением.

ХОЛОД И СНЕГ

Один из наиболее значительных периодов сильного холода за последние годы пришел в Европу в конце февраля и начале марта. Холодная погода первоначально установилась в северо-восточной части Европы в конце февраля, когда период с 21 по 28 февраля оказался вторым самым холодным в истории метеорологических наблюдений в Эстонии. В Ирландии и на юге Франции прошли аномальные снегопады с высотой покрова от 15 до 30 см в районе городов Ним и Монпелье, а также в южной Италии в окрестностях Неаполя, в то время как в некоторых местностях на востоке Ирландии был зафиксирован снежный покров высотой

[8] Lebel, G., M. Dubé and R. Bustinza, 2019: Surveillance des impacts des vagues de chaleur extreme sur la santé au Québec à l'été 2018. Institut national de santé publique du Québec, *Bulletin d'information en santé environnementale* (in press).

более 50 см. Необычно обильный снег также выпал на возвышенностях в Алжире. Редкое явление замерзающего дождя наблюдалось в Португалии. Максимальная температура –4,7 °C 1 марта в Тредегаре, Уэльс, была рекордной в Соединенном Королевстве для марта.

В начале зимы имели место необычные снегопады в некоторых пустынных районах Марокко, а в Загоре впервые с 1960 года выпал снег 30 января. Влажные условия в течение зимы привели к очень большому накоплению снега на возвышенностях европейских Альп, причем в Аросе, Швейцария, за сезон накопилось 530 см снега, что является вторым показателем по высоте накопления снега за последние 50 лет.

Лесото в южной части Африки пережила необычное явление, когда в середине августа по всей стране снега накопилось 5—30 см. Наивысший суммарный снежный покров наблюдался в горах Малтуи. Обильный снегопад прошел недавно в 2016 году в Лесото, но такой снегопад считался в прошлом обычным зимним явлением, наблюдавшимся в большинстве зим в девятнадцатом веке и в первой половине двадцатого столетия.

Волна холода в январе поразила части индийского субконтинента. Между 3 и 13 января зафиксировано 135 смертных случаев, вызванных холодом в штате Уттар Прадеш.

В Южной Америке два редких снегопада прошли в различных частях континента. В июне мощный холодный фронт принес снегопад в центральный район Сантьяго, Чили. Штормовая система также принесла температуры до –14 °C в некоторые районы Многонационального Государства Боливия, а на большей части территории Перу выпал снег глубиной до 40 см. В августе редкое явление снегопада затронуло части Уругвая, когда мощный холодный фронт, прошедший над регионом, принес с собой в юго-восточные части страны снег со снежной крупой (снег с хрупким покрытием льда, иногда называемый мягким градом), накапливающийся в соседней Аргентине.

СТИХИЙНЫЕ ПОЖАРЫ

От крупных стихийных пожаров пострадал район вокруг Афин 23 июля. Огонь распространялся быстро под воздействием сильного ветра, необычного в это время года, с порывами, достигавшими 124 км/ч к северу от Афин. В огне погибли как минимум 99 человек, что является наибольшим количеством жертв в стихийных пожарах по всему миру со времени пожаров черной субботы в Австралии в 2009 году.

В Соединенных Штатах Америки 8 ноября стихийный пожар под воздействием сильного ветра и установившейся сухой погоды сжег город Пэрэдайз и прилегающие районы Калифорнии. Город был практически уничтожен огнем, 85 человек погибли, что явилось наибольшим количеством жертв стихийных пожаров в Соединенных Штатах Америки на протяжении более 100 лет, и более 18 000 строений было уничтожено.

Имели место также значительные стихийные пожары в Калифорнии в июле и августе. Комплексный пожар Мендосино, крупнейший в истории Калифорнии, нанес ущерб общей площади в 185 800 гектаров, а пожар Карр вызвал разрушение 1604 строений и унес 8 человеческих жизней; застрахованные потери составили 1,5 млрд долл. США, при этом сильнее всего пострадал город Реддинг. Это был также сезон сильных пожаров и в западной Канаде. В Британской Колумбии второй год подряд побит рекорд по самой крупной пощади, выгоревшей в результате лесных пожаров за сезон: всего пострадало 1,35 млн гектаров площади. Потери собственности были скромными с учетом масштаба пожаров, и ни о каких жертвах не сообщалось, но сильное задымление сохранялось в течение длительного периода во внутренних районах провинции и городах на западном побережье, таких как Ванкувер и Сиэтл. Общие потери за сезон стихийных пожаров 2018 года в США оцениваются в 24 млрд долл. США, что является крупнейшими зарегистрированными за любой сезон потерями.

СИЛЬНЫЕ ШТОРМЫ

Наиболее значительным европейским ураганом зимы 2017/18 года был *Фридерике* (известен во Франции как *Давид*). Эта система низкого давления с 17 по 19 января пересекла Ирландию и Соединенное Королевство, затем прошла над Нидерландами, северной Германией и Польшей. Наиболее значительные последствия этого шторма были в Германии. Порывы ветра достигали 203 км/час в Брокене (самые сильные с 1990 г.) и более 140 км/час в некоторых городах, расположенных низко над уровнем моря. Имели место также крупные последствия в Нидерландах (аэропорт Амстердама был закрыт) и Бельгии. Шторм повлек за собой 13 человеческих жертв.

Шторм с характеристиками, аналогичными тропическому циклону, пересек восточную часть Средиземного моря в конце сентября. На ранних этапах развития системы имели место обильные дожди и бурные паводки в

Тунисе и Ливии, когда за 24 часа в Набуле, Тунис, выпало 205 мм осадков. Затем шторм интенсифицировался по мере продвижения к востоку и обрушился на побережье западной Греции 29 сентября с давлением 989 гПа, вызвав там обширные разрушения.

Сезон суровой погоды в Соединенных Штатах Америки имел уровни активности ниже среднего — к концу ноября было зафиксировано 1102 торнадо, что примерно на 10 % ниже среднего за 1991—2010 годы. Это был первый год со времени составления всесторонних описаний в 1950 году, когда не было подтвержденных торнадо повышенной интенсивности 4 или 5 по шкале Фудзиты. Однако от разрушительных ливней с градом пострадали регион Даллас-Форт Уорт 6 июня и коридор Денвер-Боулдер-Форт Коллинз 18—19 июня, что вызвало ущерб на сумму 1,3 млрд долл. США и 2,2 миллиарда долл. США соответственно.

Интенсивная система низкого давления в Средиземном море в конце октября вызвала наводнения и сильные ветры в нескольких странах. Больше всех пострадала Италия. Пиковые порывы ветра 29 декабря достигали 179 км/час в Монте Симоне, а порывы в 161 км/час наблюдались в Кредарице, Словения. Чрезвычайно обильные дожди прошли также в Казера Прадут в предгорьях северо-восточных Альп с суммарным суточным количеством осадков в 406 мм и в 308 мм в Кабане, Лигурия. Трехдневные суммы осадков, превышающие 400 мм, также наблюдались в южной Швейцарии и Австрии, а также в западной Словении, причем о разрушительных ветрах также сообщалось из Чехии, Корсики и южной Польши. В Италии шторм унес тридцать человеческих жизней. Другие явления, сопровождаемые обильными дождями и быстроразвивающимися паводками, затронули различные части Средиземноморского региона во второй половине 2018 года, включая сильные наводнения в Лангедоке, юго-западная Франция, где 13—14 октября зафиксировано общее количество осадков до 400 мм за 6 часов. В конце года прошел ряд интенсивных дождей в Турции и на Кипре, включая турецкий национальный рекорд суточного количества осадков в 490,8 мм 18 декабря в Овачике, вблизи Антальи.

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИЧИН ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Определение причинных факторов, включая антропогенные вынуждающие воздействия, которые содействуют экстремальным явлениям или влияют на их вероятность, является областью ведущихся в настоящее время исследований. Ежегодно, начиная с 2012 года, избранные, прошедшие экспертную оценку статьи, публикуются в виде приложения к Бюллетеню Американского метеорологического общества под заголовком «Объяснение экстремальных явлений с климатической точки зрения». Самый недавний выпуск «Объяснения экстремальных явлений в 2017 году с климатической точки зрения» содержит 18 анализов экстремальных явлений между концом 2016 года и началом 2018 года.

В случае явлений, связанных с теплом, например, европейских и китайских волн тепла в 2017 году, раннего наступления лета в Республике Корея в 2017 году и морской волны тепла в Тасмановом море, антропогенные факторы были определены как увеличивающие вероятность прохождения таких явлений. Для гидрологических явлений, таких как засуха и обильные дожди, увеличение антропогенного влияния отмечалось в каждом случае, но в некоторых исследованиях больший акцент делался на роли внутренней изменчивости в этих явлениях. В одной из статей рассматривались два исследования на конкретных примерах: явление перелива Оровиллской плотины в Калифорнии и ураган Харви в Техасе. Подчеркивается сложность таких явлений и предлагаются пути предоставления действенной дополнительной информации, объясняющей причины для принятия решений в контексте реального мира.

Необходимо проявлять осторожность в попытках синтезировать исследования объяснений причин экстремальных явлений. Ряд факторов влияет на процесс отбора явлений для исследования. Среди прочих аспектов учитываются следующие: наличие данных и других ресурсов, наглядность события и предполагаемая способность моделей точно воспроизводить необходимые процессы. Необходимо также сознавать, что один и тот же фактор, который увеличивает вероятность некоторых экстремальных явлений, может также уменьшить вероятность других; отсутствие экстремальных явлений также должно быть учтено в сбалансированном мнении.

Время, требующееся для отбора явлений для исследований, сбора данных, выполнения прогонов модели, анализа выходных данных и написания обзорной статьи означает, что подчас имеет место значительная задержка между явлением и прошедшим экспертную оценку анализом объяснения причин. Ряд быстрых объяснений причин явлений 2018 года уже выполнен, но они еще не прошли процесс экспертной оценки.

Климатические риски и связанные с ними всеобщие последствия

В 2018 году, по данным анализа 281 явлений, зарегистрированных Центром исследований эпидемиологии стихийных бедствий (ЦИЭБ), на метеорологические и климатические явления приходилась большая часть из природных опасных явлений, от которых пострадали около 62 млн человек[9]. От наводнений по-прежнему страдает самое большое количество людей: в 2018 году от них пострадало более 35 млн человек. Статистика ЦИЭБ также указывает, что более 9 млн человек были подвержены воздействию засухи по всему миру, включая Кению, Афганистан, Центральную Америку, а также горячие точки миграции — Сальвадор, Гватемалу, Гондурас и Никарагуа. Существуют еще некоторые вызовы, связанные с улучшением количественного описания этих воздействий и их связи с конкретными категориями гидрометеорологических явлений, включая возможность отчетности по конкретным целевым показателями целей в области устойчивого развития и мониторинга Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий (2015—2030 гг.). Существуют инициативы и методологии, которые предоставляют самые последние данные относительно воздействия природных стихийных бедствий и кризисов на сельскохозяйственный сектор в сочетании с глубоким анализом[10]. Тем не менее возобновленные и срочные усилия по разработке и консолидации инновационных подходов, средств и методов для определения характеристик явлений с серьезными последствиями и количественного определения потерь и ущерба и их увязки с экстремальными метеорологическими, гидрологическими и климатическими явлениями в конечном итоге поддержат глобальную повестку дня в области снижения риска бедствий.

Глобальная статистика по экономическим потерям, объясняемым стихийными бедствиями в 2018 году, еще не была составлена ко времени написания настоящей публикации; имеющиеся статистические данные свидетельствуют, что наивысшие потери, понесенные Соединенными Штатами Америки, вызваны выходами на побережье двух значительных ураганов — *Флоренс* и *Майкл* — с суммарными потерями, оцениваемыми почти в 50 млрд долл. США, что гораздо меньше оценки в 300 млрд долл. США в 2017 году, который был годом самых высоких потерь за последние годы ввиду трех крупных ураганов, обрушившихся на побережье Соединенных Штатов Америки и стран Карибского бассейна.

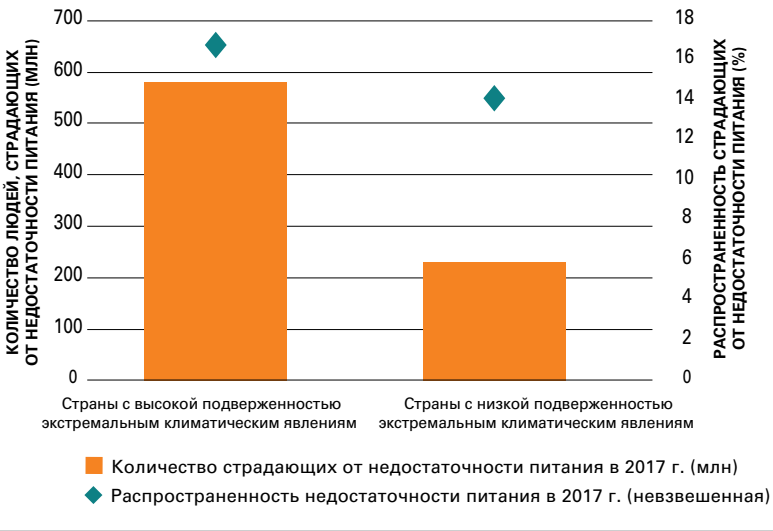


Рисунок 17. Распространенность (невзвешенная) и количество людей, страдающих от недоедания, в странах с низким и средним доходом с высокой и низкой подверженностью климатическим экстремальным явлениям в течение периода 2011—2016 гг. Страны с высокой подверженностью определены как подверженные климатическим экстремальным явлениям (жара, засуха, наводнения и штормы) более чем 60 % времени, т. е. в течение более трех лет за период 2011—2016 гг.; низкая подверженность определяется как три года или меньше. *Источник: ФАО, Международный фонд сельскохозяйственного развития (МФСР), Чрезвычайный фонд помощи детям при Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ), ВПП и ВОЗ*

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Подверженность сельскохозяйственного сектора климатическим экстремальным явлениям ставит под угрозу завоевания в сфере ликвидации голода и неполноценного питания. Новые данные свидетельствуют о продолжающемся росте голода в мире после продолжительного спада[11]. В 2017 году количество людей, страдающих от недоедания, возросло до 821 миллиона человек. Суровая засуха, связанная с сильным явлением Эль-Ниньо в 2015—2016 годах, а также ряд локальных экстремальных метеорологических и климатических явлений содействовали недавнему росту числа страдающих от недоедания[12].

Изменчивость климата и экстремальные явления представляют собой ключевые факторы, стоящие за недавним ростом глобального голода, и являются одной из главных причин жесткого продовольственного кризиса. Проблема голода значительно усугубилась в странах с сельскохозяйственными системами, которые высоко восприимчивы к дождевым осадкам и изменчивости температуры, а также к сильной засухе, и где средства к существованию большой доли населения зависят от сельского хозяйства. В странах, особенно подверженных климатическим экстремальным

[9] ЦИЭБ, 2019: *2018 Review of Disaster Events*. Université catholique de Louvain, Belgium, www.emdat.be.

[10] FAO, 2017: *The Impact of Disasters and Crises on Agriculture and Food Security*. Rome, http://www.fao.org/3/I8656EN/i8656en.pdf.

[11] ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ, 2018 г.: *Состояние продовольственной безопасности и питания в мире в 2018 г. — Создание устойчивости к изменению климата в целях продовольственной безопасности и питания*. Рим, ФАО. Данные за период с 2005 по 2017 гг.

[12] FAO, IFAD, IOM and WFP, 2018: *The Linkages between Migration, Agriculture, Food Security and Rural Development*. Rome, http://www.fao.org/3/CA0922EN/CA0922EN.pdf.

явлениям, количество людей, страдающих от недоедания более чем вдвое выше, чем в странах, не имеющих большой подверженности (рисунок 17).

В 2017 году наибольшее воздействие на острую нехватку продовольствия и неполноценное питание климатические события оказали в регионе Африки, где эта проблема коснулась 59 миллионов человек в 24 странах и потребовались срочные гуманитарные меры[13]. В значительной мере такая уязвимость для изменений климата объясняется использованием систем богарного земледелия и сельских пастбищных угодий, обеспечивающих средства к существованию для 70—80 % сельского населения этого континента.

В глобальном масштабе 40 стран, из которых 31 находится в Африке, продолжают нуждаться во внешней продовольственной помощи[14]. Постоянные конфликты наряду с падением производства зависящей от климата продукции отрицательно сказываются на обеспеченности продовольствием. В 2018 году неблагоприятные метеорологические условия ограничили производство зерновых культур в южных частях Африки, усугубив продовольственную нестабильность, в то время как обильные дожди в Восточной Африке резко повысили перспективы производства, но также привели к локализованным наводнениям, которые вызвали продовольственную нестабильность. Благоприятная весенняя погода резко повысила производство в Северной Африке, тогда как в Западной Африке ожидается, что урожаи вернутся к средним уровням.

В Азии урожаи зерновых культур в 2018 году упали ниже средних уровней на Ближнем Востоке[15] и в странах Содружества Независимых Государств ввиду дефицита дождевых осадков и конфликта. Производство зерновых культур в Латинской Америке и странах Карибского бассейна в 2018 году прогнозируется на уровне 240,7 млн тонн — сокращение на 7,3 % от рекордного урожая в 2017 году. Сокращение прогнозируемой продукции произойдет, главным образом, из-за сокращения производства кукурузы под влиянием засухи в Аргентине и Бразилии. В Центральной Америке и странах Карибского бассейна неблагоприятные дожди повлияли на производство кукурузы в 2018 году[16].

В Сомали около 2,7 млн человек по оценкам нуждаются в срочной помощи. Сюда входят, в основном, внутренне перемещенные лица (ВПЛ) и агро-животноводческие общины, пострадавшие от засухи между серединой 2016 года и концом 2017 года[17]. В южных частях Африки, особенно на Мадагаскаре, количество людей, пострадавших от продовольственной нестабильности, увеличилось до 1,3 млн в южных регионах, что связано с засушливыми периодами и тропическими циклонами, которые удерживали производство зерновых культур на уровнях ниже среднего в 2018 году[18].

Тайфун *Мангхут* (*Омпонг*), который пересек Филиппины в середине сентября, ассоциировался с потерями в растениеводстве и рыболовстве, что поставило под угрозу продовольственную безопасность населения. Подрыв сельскохозяйственного производства повлиял на снабжение страны продовольствием в последующие месяцы, а потеря средств к существованию для фермеров и рыбаков в период сбора урожая в сентябре-октябре усугубила продовольственную нестабильность и неполноценность питания[19].

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ И МОБИЛЬНОСТЬ ЛЮДЕЙ

Из 17,7 млн ВПЛ, прослеживаемых Матрицей прослеживания перемещения МОМ (ВПЛ МОМ)[20], более 2 млн людей перемещены в

---

[13] ФАО, МФСР, ЮНИСЕФ, ВПП и ВОЗ, 2018 г.: *Состояние продовольственной безопасности и питания в мире в 2018 г. — Создание устойчивости к изменению климата в целях продовольственной безопасности и питания, Таблица 7.* Рим, ФАО.

[14] FAO, 2018: *Crop Prospects and Food Situation*. Quarterly Global Report, December. http://www.fao.org/documents/card/en/c/CA2726EN.

[15] Ближний Восток — это область от Турции на восток до Афганистана, включая Аравийский полуостров на юге.

[16] FAO, 2018: *Crop Prospects and Food Situation*. Quarterly Global Report, December. http://www.fao.org/documents/card/en/c/CA2726EN.

[17] FAO, 2018: *Crop Prospects and Food Situation*. Quarterly Global Report, June, http://www.fao.org/policy-support/resources/resources-details/en/c/1039827/.

[18] FAO, 2018: *Crop Prospects and Food Situation*. Quarterly Global Report, September, http://www.fao.org/3/CA1487EN/ca1487en.pdf.

[19] National Disaster Risk Reduction and Management Council, 2018. NDRRMC Update on preparedness measures and effects for Typhoon "OMPONG" (I.N. "MANGKHUT"), Philippines, 27 September.

[20] ВПЛ МОМ является системой для отслеживания и мониторинга перемещения и мобильности населения. Она представляет собой самый крупный в мире источник первичных данных о перемещении лиц внутри стран и используется большим числом гуманитарных организаций в их операциях в поддержку активизации мер по оказанию помощи пострадавшему населению. См. https://displacement.iom.int/.

результате бедствий, связанных с метеорологическими и климатическими явлениями, по состоянию на сентябрь 2018 года[21]. Засуха, наводнения и штормы (включая ураганы и циклоны) были явлениями, которые привели к большому количеству перемещений, вызванных бедствиями, в 2018 году. Во всех случаях перемещенное население характеризовалось потребностью в защите и уязвимостью.

На Мадагаскаре длительный процесс взаимосвязанных климатических явлений ведет к перемещениям населения[22]. Из примерно 5700 ВПЛ, прослеживаемых МОМ в 10 южных странах между 2009 и 2018 годами, 42 % были перемещены в связи с засухой по состоянию на август 2018 года. Крупнейшие перемещения в оцениваемых общинах отмечались между 2013 и 2016 годами, в период, соответствующий продолжительной засухе между 2015 и 2016 годами. Количество перемещенных лиц значительно сократилось в 2017 году в период усиления дождей и гуманитарной помощи в регионе. Ранние перемещения прослеживались на Мадагаскаре в 2018 году ввиду отсутствия дождей в течение цикла развития сельскохозяйственных культур с декабря 2017 года по май 2018 года. В дополнение к засухе, от которой сильно пострадал юг Мадагаскара, более 250 000 ВПЛ были прослежены в 2017 году из-за циклона *Энаво*.

В некоторых частях мира мобильность людей может пониматься в контексте связи между конфликтом и климатическими явлениями, где климатические явления выступают в качестве «умножителя угрозы». Сомали является одним из таких контекстов[23]. В 2018 году комбинация неожиданных и медленно наступающих явлений, усложненная затянувшимся конфликтом, привела к продолжительному перемещению населения как внутри страны, так и через границы[24]. По оценкам на декабрь 2018 года 1,1 млн человек участвовало в затянувшемся внутреннем перемещении в Сомали на фоне многогранного конфликта и усиливающейся конкуренции за ресурсы ввиду связанных с климатом явлений[25]. Согласно Сети мониторинга защиты и возвращения УВКБ ООН, около 883 000 новых внутренних перемещений было зарегистрировано между январем и декабрем 2018 года, из которых главной причиной перемещения был конфликт (36 %), затем наводнение (32 %) и засуха (19 %)[26]. Затопление загрязненной питьевой водой вызывает такие заболевания, как «острая водянистая диарея» и холера[27]. В течение того же периода в 2017 году значительное большинство ВПЛ (79 %) объясняли причину своего перемещения засухой, причем только 0,6 % указали наводнение.

Существующие места размещения беженцев и ВПЛ могут быть особенно уязвимы к климатическим и метеорологическим явлениям, таким как штормы. В 2018 году сотни тысяч беженцев Рохинджиа подверглись вторичному перемещению в связи с экстремальными метеорологическими явлениям[28, 29]. Муссонные дожди в Бангладеш между маем и сентябрем поставили этих беженцев в условия повышенного риска оползней и наводнений, особенно в районе Кокс Базаар, где проживало большинство беженцев из Рохинджиа. По состоянию на сентябрь 2018 года до 200 000 людей из общего количества в 900 000 беженцев из Рохинджиа были подвержены воздействию этих опасных природных явлений. УВКБ ООН предоставило временное жилье и провело срочное переселение тех, кто находился в наибольшей опасности, а также предоставило помощь общинам Бангладеш, подверженным воздействию муссонных дождей, путем распространения наборов предметов хозяйственного обихода[30].

---

[21] См. Глобальную статистику ВПЛ МОМ по ссылке: https://displacement.iom.int/.

[22] См. Профиль Мадагаскара по ссылке: https://displacement.iom.int/madagascar, включая отчет о перемещениях https://displacement.iom.int/reports/madagascar-%E2%80%94-rapport-de-suivi-des-d%C3%A9placements-ao%C3%BBt-2018?close=true.

[23] Гуманитарная страновая группа по Сомали, https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Somalia%20Revised%20HRP%20July%202018-FINAL.pdf, с.4.

[24] УВКБ ООН, https://data2.unhcr.org/en/documents/download/65450.

[25] УВКБ ООН, https://data2.unhcr.org/en/situations/horn.

[26] УВКБ ООН, https://unhcr.github.io/dataviz-somalia-prmn/index.html#reason=&month=2018-01-01%2C2018-07-31&pregion=&pregionmap=&pdistrictmap=&cregion=&cregionmap=&cdistrictmap.

[27] Управление ООН по координации гуманитарных вопросов, https://reliefweb.int/report/somalia/ocha-somalia-flash-update-5-humanitarian-impact-heavy-rains-15-may-2018-enso.

[28] УВКБ ООН, www.unhcr.org/rohingya-emergency.html.

[29] См. IOM DTM Needs and Populations Monitoring in Bangladesh during the monsoon season по ссылке: http://iom.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=1eec7ad29df742938b6470d77c26575a and https://displacement.iom.int/reports/bangladesh-%E2%80%94-npm-acaps-analysis-hub-report-%E2%80%94-rohingya-crisis-impact-cyclones-report-april?close=true.

[30] УВКБ ООН, https://data2.unhcr.org/en/documents/download/65468.

ЖАРА И ЗДОРОВЬЕ

В период между 2000 и 2016 годами количество людей, подвергавшихся воздействию волн тепла[31], увеличилось по оценкам на 125 млн (рисунок 16), поскольку средняя продолжительность индивидуального воздействия волн тепла увеличилась на 0,37 дней по сравнению с периодом между 1986 и 2008 годами. Только в 2015 году рекордное количество людей было подвержено воздействию 627 волн тепла. Каждое явление на локальном уровне преобразуется в значительные и разнообразные воздействия: например, в Карачи, Пакистан, в том же самом году с симптомами, связанными с перегревом, было госпитализировано 65 000 человек.

Рисунок 18. Изменение количества людей, подвергавшихся воздействию волн тепла (или других явлений, связанных с воздействием тепла) в миллионах в год за период с 2000 по 2017 гг. (голубая линия) по отношению к среднему значению за 1986—2005 гг. *Источник: Watts, N., et al., 2018: The 2018 report of* The Lancet *Countdown on health and climate change: shaping the health of nations for centuries to come,* Lancet, *392(10163):2479–2514*

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Помимо непосредственных социально-экономических воздействий на здоровье и благосостояние человека, организации системы Организации Объединенных Наций также прослеживают воздействия на окружающую среду, связанные с изменением климата[32]. Это включает обесцвечивание кораллов и снижение уровня кислорода в океанах. Другие воздействия — убыль «голубого углерода», связанная с такими прибрежными экосистемами, как мангровые заросли, морские водоросли и солончаковые болота, и экосистемами самых различных ландшафтов, являющимися важными океаническими и земными компонентами углеродного цикла.

Торфяники играют важную роль в жизни человеческих сообществ по всему миру. Они участвуют в значительной степени в смягчении воздействия на изменение климата и адаптации посредством улавливания и хранения углерода, сохранения биоразнообразия, регулирования режима и качества вод и предоставления других экосистемных услуг, которые помогают обеспечению средств к существованию. Изменение климата возникло как серьезная угроза для экосистем торфяников, поскольку оно усугубляет эффект осушения и повышает пожароопасность. Оно подвергает торфяники, защищаемые в настоящее время вечной мерзлотой, таянию и возможному увеличению выбросов метана и потере углерода. Подъем уровня моря повышает опасность береговой эрозии и засоления пресноводных торфяников.

Пастбища занимают во всем мире 5 миллиардов гектаров и улавливают 200—500 кг углерода на гектар в год, играя важную роль в смягчении воздействия на изменение климата. Помимо того, что они содержат большую часть мирового земного неорганического углерода, пастбища хранят органический углерод в биомассе и в почве. Уникальные климатические особенности пастбищ заключаются в том, что во многих местах большая часть углерода находится под землей. Восстановленные пастбища не только содействуют смягчению воздействия на изменение климата, но и предоставляют другие экосистемные услуги, включая защиту водосборов, среду обитания для биоразнообразия и снижение риска пыльных бурь.

[31] Волна тепла определяется как период продолжительностью более 3 дней, в течение которого минимальная температура выше 99-го процентиля исторических минимумов (средняя за 1986-2008 гг.) (Jacob, D., et al., 2014: EURO–CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14:563–578).

[32] ЮНЕП и МОК-ЮНЕСКО.

Влияние тепла на здоровье

Джой Шумейк-Гийемо[1], Вирджиния Мюррей[2], Сари Ковац[3]

[1] Совместное бюро ВМО/ВОЗ по вопросам климата и здоровья

[2] Национальное агентство Англии по вопросам общественного здравоохранения

[3] Лондонская школа гигиены и тропической медицины

Тепловой стресс представляет собой серьезную угрозу для здоровья человека. Жара является основной причиной смерти, связанной с погодой, кроме того, она может обострять имеющиеся заболевания, в том числе заболевания сердечно-сосудистой системы, диабет, психические расстройства, астму, а также повышать риск несчастных случаев и инфекционных заболеваний. Результаты анализов, проведенных за последние несколько лет на всех шести населенных континентах, наглядно свидетельствуют о том, что высокая температура на улице и в помещении влияет на показатели смертности[1]. Например, в те дни, когда Англия подвергалась воздействию волн тепла летом 2016 года, отчетливо наблюдается резкий рост суточной смертности (см. рисунок)[2]. Одиночные волны тепла могут длиться несколько недель, следовать одна за другой и приводить к чрезвычайно большому числу смертей. В 2003 году с июня по сентябрь в Европе от жары умерли 70 000 человек[3]. В 2010 году продолжавшаяся 44 дня волна тепла на территории Российской Федерации унесла 55 000 жизней[4, 5].

МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛА НА ЗДОРОВЬЕ

Тепло оказывает широкое физиологическое воздействие на всех людей, причем в крайних случаях оно приводит к целому ряду заболеваний, включая тепловые судороги, тепловое истощение, тепловой удар и гипертермию. Увеличение количества тепла в организме человека может быть обусловлено как внешними, так и внутренними факторами: к первым относится влияние окружающей среды, а ко вторым — тепло, вырабатываемое телом в ходе физической активности; следовательно, люди, работающие под открытым небом, подвергаются наибольшему риску, поскольку у них может не быть возможности прекратить работу или воспользоваться соответствующими способами охлаждения. Высокая температура также может обострить широкий спектр имеющихся заболеваний, в результате чего возникает риск преждевременной смерти или появляются дополнительные показания к госпитализации. Кроме того, волны тепла могут косвенно влиять на здоровье, изменяя поведение людей, распространение болезней, возможности для оказания медицинских услуг, качество воздуха и функционирование критически важной социальной инфраструктуры, такой как энергетика, транспорт и система водоснабжения. Масштабы и характер негативного воздействия тепла на здоровье зависят от времени наступления, интенсивности и продолжительности температурного явления, а также от того, насколько хорошо здания и население подготовлены к условиям преобладающего климата. Точная отметка, на которой температура переходит в разряд факторов опасности, зависит от региона и периода времени.

ТИПЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Тепловой стресс относится к числу наиболее серьезных экологических угроз для здоровья человека, поскольку он может становиться непосредственной причиной гибели людей и в то же время косвенно воздействовать на уязвимые группы населения при прохождении волн тепла и при наступлении продолжительного сезона жары. Волны тепла могут оказывать ощутимое влияние на большие группы населения в течение коротких периодов времени, часто становясь причиной чрезвычайных ситуаций в области здравоохранения, которые приводят к повышенной смертности, череде социально-экономических проблем (например, утрате трудоспособности и снижению производительности труда) и потере возможностей для оказания медицинских услуг. Нехватка электроэнергии, которая часто возникает из-за волн тепла, может нарушать работу медицинских учреждений, энергетической, транспортной и водной инфраструктуры, создавая дополнительные риски для здоровья из-за отсутствия доступа к услугам первой необходимости. Например, в 2018 году, когда Австралия и Соединенные Штаты Америки оказались под воздействием волн тепла, десятки тысяч людей остались без света, поскольку объем электроэнергии, потребляемой для охлаждения помещений, превысил мощность сети[6]. Волны тепла могут увеличивать опасность возникновения лесных пожаров, повышая риски для безопасности и здоровья человека, как, например, во время пожаров в Скандинавии и Калифорнии в 2018 году, а также в Российской Федерации в 2010 году. Длительные периоды высокой температуры в дневное и ночное

---

[1] Gasparrini, A., et al., 2015: Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*, 386(9991):369–375.

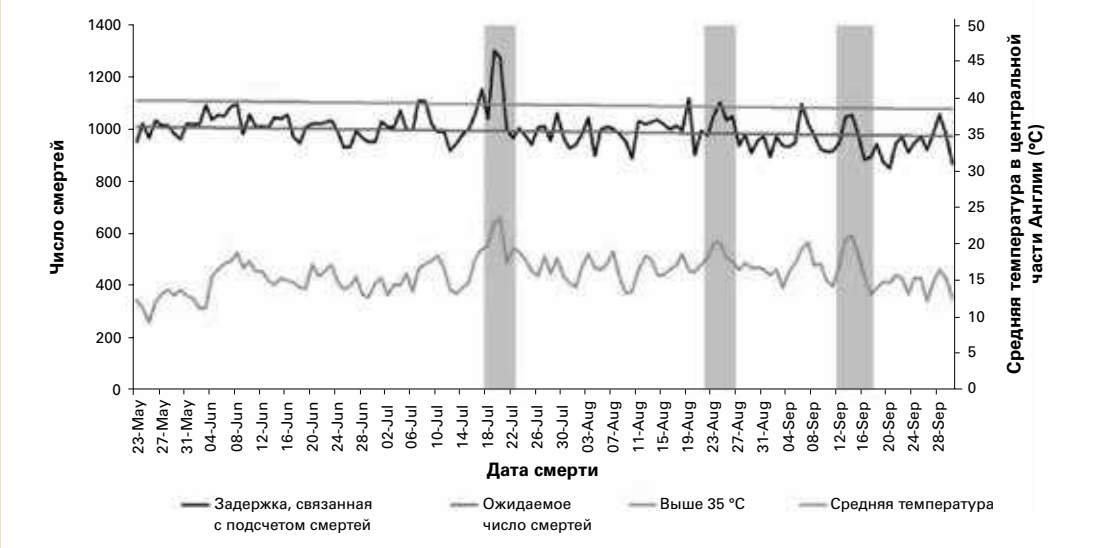
[2] Public Health England, 2016: *Heatwave Mortality Monitoring Summer* 2016. London, PHE, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/714933/PHE_heatwave_mortality_monitoring_report_2016.pdf.

[3] Robine, J.-M., S.L.K. Cheung, S. Le Roy, H. van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel and F.R. Herrmann, 2008: Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes rendus biologies*, 331(2):171–178.

[4] Shaposhnikov, D., B. Revich, T. Bellander, G. Bero Bedada, M. Bottai, T. Kharkova, E. Kvasha, E. Lezina, T. Lind, E. Semutnikova and G. Pershagen, 2014: Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 25(3):359–364.

[5] См. http://origin.who.int/globalchange/publications/heat-and-health/en/.

[6] См. https://www.reuters.com/article/us-australia-power/heat-wave-leaves-thousands-of-australian-homes-without-power-idUSKBN1FI0CO и https://www.cnn.com/2018/07/07/us/heat-wave-los-angeles-wxc/index.html.



Суточная смертность среди людей в возрасте 65 лет и старше в Англии, лето 2016 г. *Источник: Национальное агентство Англии по вопросам общественного здравоохранения*

время суток создают совокупную физиологическую нагрузку на организм человека, которая усугубляет основные факторы, вызывающие смерть во всем мире, в том числе респираторные и сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет и почечную недостаточность. Лица, работающие в помещении и под открытым небом, особенно подвержены постоянному чрезмерному воздействию тепла, а из-за роста температуры условия труда часто становятся невыносимыми или опасными[7]. Обусловленная особенностями профессии тепловая нагрузка напрямую влияет на здоровье работников, повышая риск заболеваний почек и возникновения несчастных случаев на производстве. Необходимо также принимать во внимание социально-экономические последствия снижения производительности труда, поскольку вопрос о способности каждого человека вести здоровую и плодотворную жизнь имеет основополагающее значение для сокращения масштабов нищеты и поддержания здоровья населения планеты.

УСИЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛА ИЗ-ЗА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ни одной стране мира не удастся избежать последствий повышения температуры окружающей среды. Тем не менее, некоторые группы населения в большей степени подвергаются физиологическому стрессу, обострившимся болезням и возросшему риску смерти от воздействия избыточного тепла, либо по физиологическим или социально-экономическим причинам чаще от них страдают. К таким группам относятся пожилые люди, младенцы и дети, беременные женщины, рабочие, спортсмены и люди, которые проводят досуг под открытым небом (например, на религиозных мероприятиях или музыкальных фестивалях), а также малоимущие граждане. В декабре 2018 года эксперты с шести континентов сообщили Глобальной информационной сети по вопросам воздействия тепла на здоровье человека (GHHIN) о том, что они наблюдают существенные сдвиги в региональном климате, а также мощную тенденцию к увеличению частоты, интенсивности и продолжительности тепловых явлений, сопровождающихся широкомасштабным воздействием на здоровье людей[8].

Влияние, которое оказывает тепло на население планеты, предсказуемо возрастает из-за изменения климата «по инерции» или из-за ожидаемого уровня потепления, обусловленного текущим объемом ПГ в атмосфере. Связанные с жарой проблемы, которые встают перед обществом, будут усугубляться потеплением климата до конца XXI века, независимо от путей смягчения последствий изменения климата. Эти тенденции вызывают тревогу в сообществе специалистов по вопросам общественного здравоохранения, так как наблюдается увеличение интенсивности, частоты и продолжительности экстремальных температурных явлений.

Вредные последствия для здоровья, связанные с чрезмерным воздействием тепла, могут быть значительно снижены за счет эффективного внедрения надлежащих систем заблаговременного предупреждения, а также проведения мероприятий в области повышения готовности общества и охраны здоровья. Например, в Европе было установлено, что наличие системы предупреждения об опасности перегрева для здоровья снижает воздействие волн тепла на некоторые группы населения. Сеть GHHIN была учреждена в 2018 году для наращивания сотрудничества между соответствующими дисциплинами, а также для ускорения обмена научными данными и инструментами принятия решений с целью совершенствования управления связанными с теплом глобальными рисками, которым подвергается общественное здравоохранение.

[7] Sherwood, S.C. and M. Huber, 2010: An adaptability limit to climate change due to heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(21):9552–9555, DOI:10.1073/pnas.0913352107.

[8] Первый глобальный форум по вопросам тепла и здоровья, организованный сетью GHHIN, см. www.ghhin.org.

Загрязнение воздуха и изменение климата

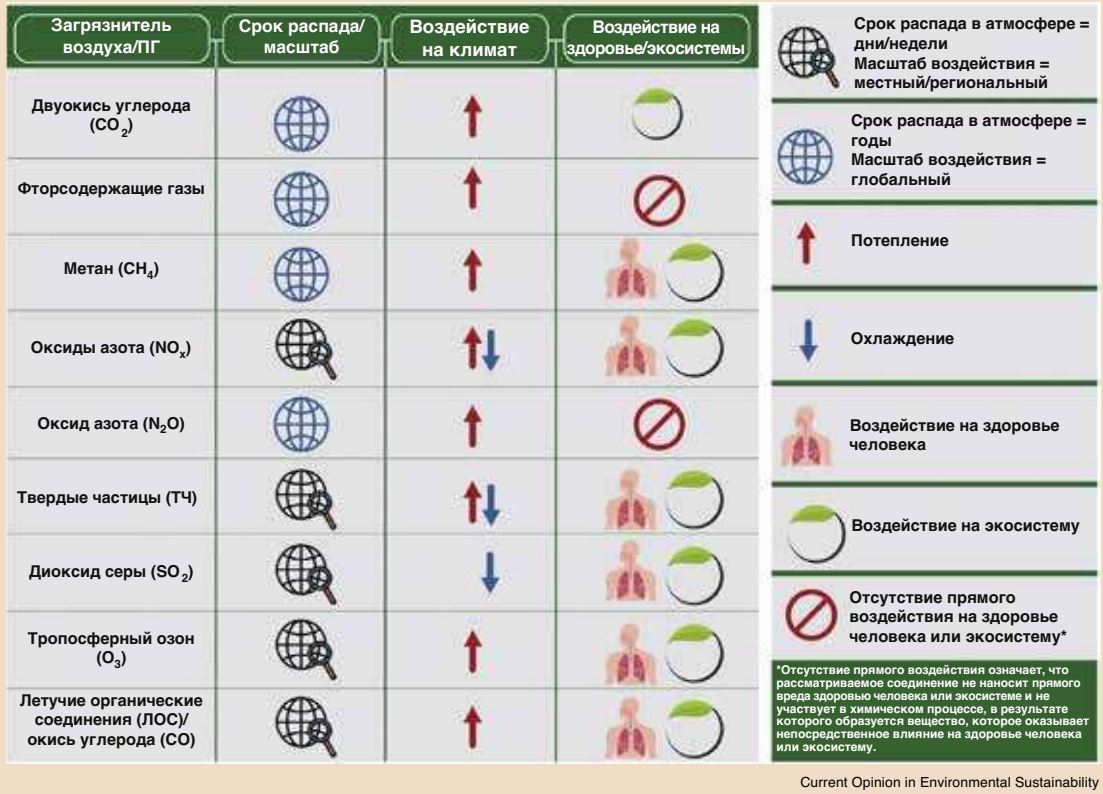
Оксана Тарасова (ВМО)

Хотя изменение климата и загрязнение воздуха тесно связаны между собой, эти две проблемы в области окружающей среды по-прежнему рассматриваются в качестве двух отдельных проблем, причем как на уровне разных научных сообществ, так и в рамках различных политических структур. Однако антропогенные выбросы невозможно разделить на две отдельные категории — загрязнители атмосферы и климатически активные разновидности, — поскольку многие загрязнители воздуха, такие как тропосферный озон или аэрозоль, оказывают прямое или косвенное воздействие на климат. Загрязнение воздуха само по себе пагубно влияет на здоровье человека и окружающую среду (см. рисунок ниже). Согласно докладу ВОЗ, более 90 % городских жителей планеты, находясь на улице, дышат воздухом, концентрация загрязнителей в котором превышает рекомендуемые ВОЗ нормы. Загрязнение воздуха в жилых помещениях и за их пределами является второй по значимости причиной смерти от неинфекционных заболеваний в мире.

Качество воздуха и изменение климата не только обусловлены общими составляющими, они еще и тесно связаны между собой через различные атмосферные процессы. На втором рисунке ниже показано, насколько сложной является их взаимосвязь.

Влияние качества воздуха на изменение климата, как прямое, так и косвенное, зависит от взаимодействия атмосферных загрязнителей с солнечной радиацией. Глобальное среднее радиационное воздействие озона аналогично соответствующему показателю для CH_4, а в сравнении с CO_2 оно почти на три четверти слабее. Тропосферный озон негативно сказывается на экосистемах и снижает их способность поглощать CO_2. В другом случае косвенное влияние озона на радиационное воздействие создает обратный эффект: с повышением его концентрации ускоряется образование гидроксильного радикала, сокращающего период распада CH_4 в атмосфере. Твердые частицы, которые оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека, влияют на радиационное воздействие как прямым, так и косвенным образом. В зависимости от своего состава, они могут непосредственно рассеивать или поглощать поступающую радиацию, а также действовать в качестве облачных ядер конденсации и тем самым косвенно влиять на радиационное воздействие и погодные режимы. Осаждаясь на снегу и льду, частицы меняют их альбедо.

Изменение климата также влияет на качество воздуха посредством изменений в метеорологических параметрах (включая температуру, осадки, динамику пограничного слоя, влажность и облачный покров), а также посредством



Наиболее распространенные загрязнители воздуха и ПГ, а также их влияние на климат, здоровье человека и экосистемы, включая сельское хозяйство. *Источник: (2)*

оказываемого им воздействия на естественные выбросы. Рост температуры приводит к увеличению выбросов летучих органических соединений, которые являются прекурсорами тропосферного озона и аэрозолей. Более высокие показатели температуры также создают благоприятные условия для ускорения образования озона. Ожидается, что изменение климата повлечет за собой увеличение концентрации озона в пиковые периоды — так называемый «климатический прирост». Изменение климата также связано с изменением схем движения транспорта и явлениями смешения, что может привести к более частым экстремальным случаям загрязнения из-за застоя. Изменение частоты лесных пожаров может спровоцировать повышение уровня загрязнения, особенно аэрозолями, а изменение режимов осадков влияет на осаждение загрязняющих веществ.

Несмотря на растущее признание тесных связей между этими двумя областями, меры политики, направленные на борьбу с загрязнением воздуха, и меры политики, сконцентрированные на изменении климата, по-прежнему слабо взаимосвязаны. Основная задача состоит в том, чтобы определить такие меры политики, которые обеспечивали бы выработку взаимовыгодных решений, поскольку не все меры политики, связанные с климатом, содействуют сокращению загрязнения воздуха и наоборот. Одним из примеров является использование биотоплива, которое приводит к снижению выбросов CO_2, но в то же время способствует повышению уровня тропосферного озона. В этой связи необходимо придерживаться комплексного подхода для оценки мер политики в областях климата и качества воздуха, которые бы учитывали вышеизложенные факторы. Такие комплексные меры политики, вероятно, будут представлять собой наилучшие стратегии мер политики в области окружающей среды с точки зрения как социальных, так и экономических издержек.

---

[1] World Health Organization, 2018: COP24 Special Report: Health and Climate Change. Geneva, WHO, https://www.who.int/globalchange/publications/COP24-report-health-climate-change/en/.

[2] Melamed, M.L., J. Schmale and E. von Schneidemesser, 2016: Sustainable policy – key considerations for air quality and climate change. Current Opinion in Environmental Sustainability, 23:85–91, http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877343516301087.

[3] World Meteorological Organization, 2018: Reactive Gas Bulletin – Highlights from the Global Atmosphere Watch Programme. No.2. Geneva.

[4] von Schneidemesser, E., et al., 2015: Chemistry and the linkages between air quality and climate change. Chemical Reviews, 115(10):3856–3897.

Обзор основных категорий взаимодействия между качеством воздуха и изменением климата, включая описание примера взаимодействия или обратной связи для каждой категории. Изображенные источники выбросов приводятся в качестве примеров, но их перечень не является исчерпывающим применительно к описанному взаимодействию. Наиболее важные компоненты перечислены в скобках после каждой категории. ТЧ (твердые частицы) охватывают все источники аэрозолей, включая ОА (органический аэрозоль), ЧУ (черный углерод) и SO_2; O_3 (озон) включает O_3 и его соединения-прекурсоры, NO_x, неметановые летучие органические соединения (НМЛОС) и CO. *Источник: рисунок взят из (4)*

Международная гражданская авиация и адаптация к изменению климата

Кристель Дамар[1], Нил Диксон[1], Джейн Хьюп[1]

[1] Отдел ИКАО по вопросам защиты окружающей среды

Хотя усилия ИКАО преимущественно направлены на уменьшение воздействия международной гражданской авиации на глобальный климат, было установлено, что влияние изменения климата представляет собой значительный риск для авиационного сектора и что работа ИКАО по линии адаптации к изменению климата лежит в основе обеспечения готовности к соответствующим рискам[1]. Ключевой вопрос заключается в том, как следует проектировать и строить авиационную инфраструктуру, чтобы можно было ограничить выбросы CO_2, а также справляться с более экстремальными погодными явлениями, нехваткой воды, песчаными бурями или любыми воздействиями, связанными с изменением климата.

[1] Резолюция A39-2 Ассамблеи ИКАО «Сводное заявление о постоянной политике и практике ИКАО в области охраны окружающей среды. Изменение климата», в которой содержится обращенная к Совету просьба «выявлять потенциальные последствия изменения климата для деятельности международной авиации и соответствующей инфраструктуры и определять меры по адаптации к потенциальным последствиям изменения климата в сотрудничестве с другими соответствующими международными организациями и отраслью».

Недавно ИКАО подготовила доклад[2], в котором обобщается имеющаяся информация о диапазоне прогнозируемых воздействий климата на авиационный сектор с целью более глубокого понимания рисков для авиационной деятельности и инфраструктуры. Документ включает в себя обзор литературы и результаты опроса, проведенного среди всех государств — членов ИКАО в целях сбора сведений об уровне их осведомленности о воздействиях изменения климата, характере таких воздействий и о влиянии, которое они будут оказывать на международную авиацию, а также об определяемом в самостоятельном порядке уровне готовности различных заинтересованных сторон в сфере международной авиации.

Согласно одному из ключевых выводов опроса, 74 % респондентов установили, что их авиационные секторы уже испытывают на себе некоторые воздействия изменения климата, в то время как 17 % опрошенных ожидают ощутить определенное воздействие к 2030 году. Были определены восемь категорий потенциальных воздействий климата на авиационный сектор: повышение уровня моря, увеличение интенсивности штормов, изменение температуры, изменение объема

[2] International Civil Aviation Organization, 2019: Climate change: Adaption. Climate adaptation synthesis analysis, https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/adaptation.aspx.

Подготовленная ИКАО глобальная карта рисков, связанных с адаптацией к изменению климата
Источник: ICAO, 2019

осадков, изменение условий обледенения, изменение направления ветра, опустынивание и изменение биоразнообразия. Было также уделено внимание потенциальным воздействиям изменения климата на бизнес и экономику, а также оценке соответствующих рисков и планированию мер адаптации.

Воздействия на авиационную систему, которые были выявлены в глобальном масштабе, отражены в подготовленной ИКАО Глобальной карте рисков, связанных с адаптацией к изменению климата (см. рисунок). Опрос показал, что 30 % респондентов уже приняли соответствующие меры по адаптации к изменению климата, 25 % опрошенных намерены сделать это в ближайшие 5—10 лет, а 6 % участников опроса отметили, что у них пока нет таких планов. Перед тем как начинать разработку стратегии адаптации, необходимо провести оценку рисков, связанных с изменением климата, для определения соответствующих факторов уязвимости для изменения климата.

Что касается готовности глобального авиационного сектора к воздействиям изменения климата, то большинство респондентов заявили, что, хотя сектор активно участвует в деятельности по их смягчению, следует приложить дополнительные усилия для адаптации к изменению климата, включая потребность в более тесной глобальной координации. Многие респонденты указали на необходимость расширения информационно-просветительской деятельности, создания дополнительных возможностей для подготовки кадров, более активного наращивания потенциала, а также углубления понимания конкретных факторов уязвимости этого сектора. Респонденты также посчитали, что может потребоваться разработка процедур оценки рисков, связанных с адаптацией к изменению климата, мер политики и механизмов планирования для обеспечения устойчивости на глобальном уровне.

Международная организация гражданской авиации планирует сотрудничать с международными экспертами по вопросу разработки первой общепризнанной методологии оценки рисков, связанных с изменением климата. Краеугольным камнем этой методологии будет идентификация, определение характеристик и визуализация воздействий изменения климата на международную авиацию, а также выявление рисков, которым могут подвергаться деятельность и инфраструктура, на основании соответствующих прогнозов и сценариев.

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

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

Communication and Public Affairs Office

Тел.: +41 (0) 22 730 83 14/15 — Факс: +41 (0) 22 730 80 27

Э-почта: cpa@wmo.int

public.wmo.int

JN 19228