

Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2019 году

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1248

ВМО-№ 1248

© Всемирная метеорологическая организация, 2020

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

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

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

ISBN 978-92-63-41248-5

Иллюстрация на обложке: добровольные пожарные спасают жизни и фермы во время лесных пожаров в Бандаберге, Квинсленд (Австралия).

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
Послание Генерального секретаря Организации Объединенных Наций	4
Основные тезисы	5
Глобальные климатические показатели	6
Температура	6
Парниковые газы и озон	7
Океан.	9
Криосфера	14
Факторы, влияющие на краткосрочную изменчивость климата.	17
Явления со значительными воздействиями в 2019 году	18
Связанные с климатом риски и воздействия	27
Здоровье в зоне повышенного риска	27
Изменчивость климата и экстремальные погодные условия продолжают негативно влиять на продовольственную безопасность и перемещение населения	29
Изменение климата и экстремальные явления как угроза морской флоре и фауне и биологическому разнообразию	32
Тематическое исследование: сильные климатические потрясения ведут к ухудшению положения в области продовольственной безопасности и перемещению населения в районе Большого Африканского Рога в 2019 году	33
Источники комплектов данных	35
Полный список участников	39

С 2016 года следующие учреждения Организации Объединенных Наций внесли значительный вклад в подготовку Заявлений ВМО о состоянии глобального климата в поддержку политики и деятельности в области климата:

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО)

Межправительственная океанографическая комиссия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (МОК/ЮНЕСКО)

Международный валютный фонд (МВФ)

Международная организация по миграции (МОМ)

Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД)

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)

Управление Верховного комиссара ООН по делам беженцев (УВКБ ООН)

Управление Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий (УСРБ ООН)

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)

Предисловие



Концентрации парниковых газов, особенно CO_2 , продолжают расти. В конце 2019 года глобальная средняя температура превышала доиндустриальные средние показатели на $1,1^\circ\text{C}$, что уступает лишь рекорду, установленному в 2016 году. Если бы Эль-Ниньо не сыграл свою роль в ускорении потепления в 2016 году, 2019 год стал бы рекордным.

Температура является одним из показателей продолжающегося изменения климата. Кроме того, уровень моря повышается все более быстрыми темпами вследствие большего потепления океанов, на поверхности и в глубинах, а также за счет увеличения таяния ледников и льда в Гренландии, в результате чего прибрежные районы и острова подвергаются большому риску затопления и исчезновения низкорасположенных районов.

Помимо этого, в 2019 году волны тепла в сочетании с продолжительными периодами засух привели к стихийным пожарам беспрецедентных масштабов. Так было в Австралии, где огнем были охвачены миллионы гектаров, в Сибири и других арктических регионах, пострадавших от лесных пожаров рекордной интенсивности.

Помимо этих значительных явлений, наносимый погодой ущерб проявлялся, например, в виде влияния многолетних засух на внутреннюю и трансграничную миграцию населения, большей подверженности населения опасным для здоровья явлениям, связанным с жарой и загрязнением окружающей среды, а также в форме снижения темпов экономического роста вследствие повышения температур и в результате экстремальных погодных условий, особенно в развивающихся странах.

Результаты этого доклада показывают, что изменение климата уже заметно проявляется в самых разных формах. Необходимы более амбициозные усилия по смягчению последствий изменения климата с тем, чтобы удержать потепление на уровне ниже 2°C к концу столетия.

Всемирная метеорологическая организация будет продолжать пристально следить за изменчивостью и изменением климата и их последствиями. В настоящее время создается информационный портал, позволяющий отслеживать показатели состояния климата.

Хотелось бы поблагодарить многочисленные группы экспертов в области климатологии и других дисциплин, национальные метеорологические и гидрологические службы, глобальные и региональные центры сбора и анализа климатических данных, а также родственные учреждения Организации Объединенных Наций. Благодаря их неизменному сотрудничеству Заявление ВМО о состоянии глобального климата стало главной публикацией, предоставляющей лицам, ответственным за разработку политики во всем мире, важнейшую информацию о климате.



(П. Таалас)
Генеральный секретарь

Послание Генерального секретаря Организации Объединенных Наций



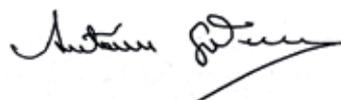
Изменение климата — один из основных вызовов нашего времени. Время, которое у нас есть для того, чтобы предотвратить наихудшие последствия дестабилизации климата и защитить наши общества от неизбежных потрясений, быстро уходит.

По утверждению ученых, даже если нам удастся ограничить потепление до 1,5 °С, мы столкнемся со значительно возросшими рисками для природных и антропогенных систем. При этом данные настоящего доклада показывают, что 2019 год был уже на 1,1 °С теплее, чем в доиндустриальный период. Последствия уже очевидны. Более сильные и частые наводнения, засухи и тропические штормы, опасные волны тепла и повышение уровня моря уже представляют серьезную угрозу для жизни людей и средств к существованию на всей планете.

В настоящее время мы существенно отстаем от намеченных в Парижском соглашении целей по температуре в 1,5 °С или 2 °С. Нам необходимо сократить выбросы парниковых газов на 45 процентов по сравнению с уровнем 2010 года к 2030 году и достичь чистого нулевого уровня выбросов к 2050 году. Для этого нам нужна политическая воля и срочные действия, позволяющие наметить другой путь.

В этом докладе изложены последние научные данные и продемонстрирована настоятельная необходимость масштабных мер в области климата. В нем сведены воедино данные по всем областям климатологии и перечисляются потенциальные последствия изменения климата, от медицинских и экономических до снижения уровня продовольственной безопасности и увеличения числа перемещенных лиц.

Призываю всех, от правительств, гражданского общества и лидеров бизнеса до отдельных граждан, прислушаться к этим фактам и принять срочные меры, чтобы сдержать наихудшие последствия изменения климата. К конференции по климату (КС26), которая пройдет в Глазго в ноябре, нам нужно приложить больше усилий по смягчению последствий, адаптации и финансированию. Только так можно обеспечить более безопасное, процветающее и устойчивое будущее для всех людей на здоровой планете.



(А. Гутерриш)
Генеральный секретарь Организации
Объединенных Наций

Основные тезисы

Глобальная молярная доля парниковых газов в атмосфере достигла рекордных уровней в 2018 году, когда уровень углекислого газа (CO_2) составил $407,8 \pm 0,1$ частей на миллион (млн^{-1}), метана (CH_4) — 1869 ± 2 частей на миллиард (млрд^{-1}), а закиси азота (N_2O) — $331,1 \pm 0,1$ млрд $^{-1}$. Эти значения составляют соответственно 147 %, 259 % и 123 % по отношению к уровням доиндустриального периода. Предварительные данные свидетельствуют о том, что рост по всем трем категориям — CO_2 , CH_4 и N_2O — продолжался и в 2019 году.

Океан поглощает около 90 % тепла, удерживаемого в системе Земля в ходе роста концентрации парниковых газов. Теплосодержание океана, которое является мерой такого накопления тепла, снова достигло рекордно высокого уровня в 2019 году.

По мере того, как океан нагревается, он расширяется, и повышается уровень моря. Это повышение становится еще более значительным в результате таяния льда на суше, который затем стекает в море. Уровень моря повышался на протяжении всего периода альтиметрических наблюдений, однако в последнее время он повышался быстрее, отчасти в связи с усилением таяния ледяных щитов Гренландии и Антарктики. В 2019 году глобальный средний уровень моря достиг своего наивысшего значения с момента начала высокоточных альтиметрических наблюдений, то есть с января 1993 года.

Глобальная средняя температура в 2019 году была на $1,1 \pm 0,1$ °C выше доиндустриальных уровней. 2019 год, скорее всего, станет вторым самым теплым годом за весь период инструментальных наблюдений. Последние пять лет стали пятью самыми теплыми за всю историю наблюдений, а последнее десятилетие, 2010—2019 годы, — самым теплым десятилетием. С 1980-х каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее десятилетие с 1850 года.

В 2019 году как в Арктике, так и в Антарктике наблюдалась низкая протяженность морского льда. Минимальная среднесуточная протяженность арктического морского льда в сентябре 2019 года достигла второго самого низкого значения за всю историю спутниковых наблюдений. В Антарктике в последние годы наблюдаются существенные колебания, при этом долгосрочное увеличение протяженности сбалансировано ее значительным падением в конце 2016 года. С тех пор протяженность оставалась низкой, а в 2019 году она была рекордно низкой в течение нескольких месяцев.

За десятилетие 2009—2018 гг. океан поглотил около 23 % ежегодных объемов выбросов CO_2 , сократив тем самым рост его концентрации в атмосфере. Однако CO_2 , поглощенный морской водой, снижает ее pH, что приводит к процессу, называемому закислением океана. Наблюдения открытого океана за последние 20—30 лет указывают на очевидное снижение среднего pH на 0,017—0,027 единиц pH за десятилетие, начиная с конца 1980-х годов.

Глобальные климатические показатели

Рисунок 1. Изменение глобальной среднегодовой температуры в сравнении с доиндустриальными условиями (1850—1900 гг.). Оба реанализа (ERA5 и JRA55) приведены в соответствии с наборами данных *in situ* (HadCRUT, NOAA GlobalTemp и GISTEMP) за период 1981—2010 гг.

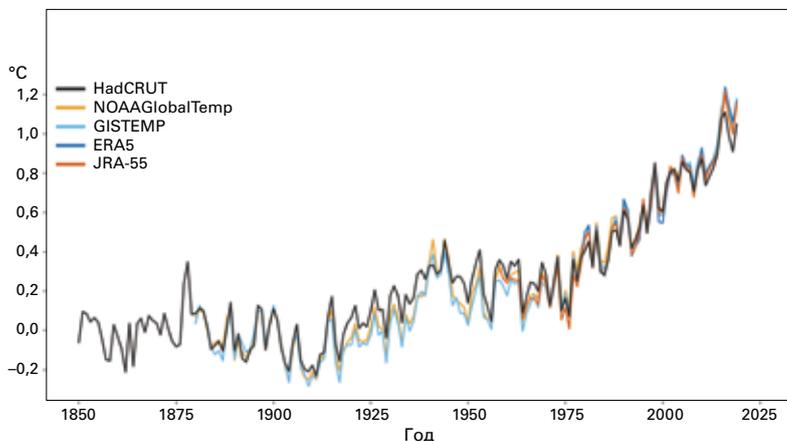
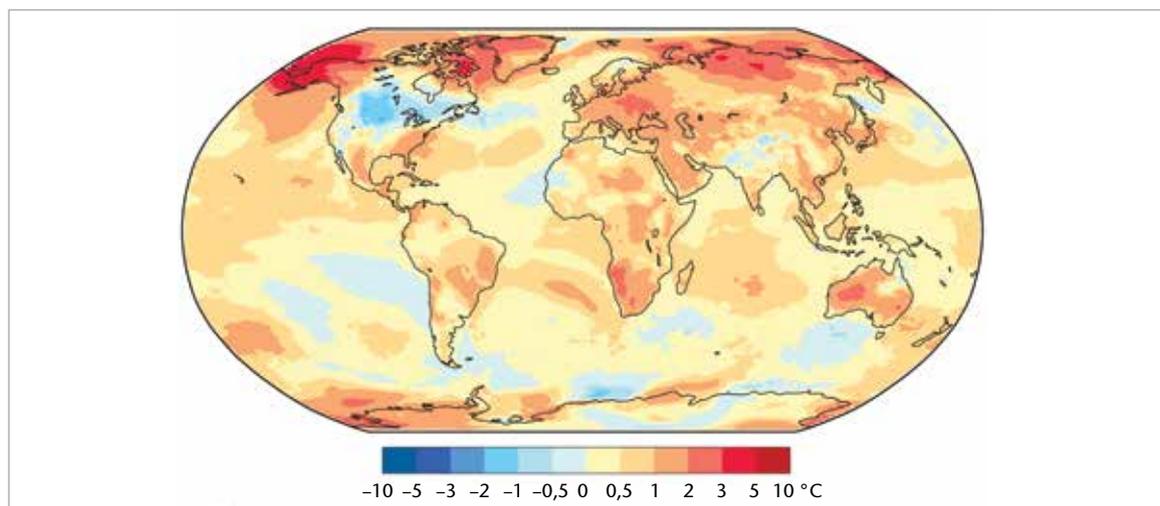


Рисунок 2. Аномалия приземной температуры воздуха в 2019 г. по сравнению со средним значением за период 1981—2010 гг. Источник: данные ERA5 Службы изменения климата в рамках программы «Коперник» ЕЦСПП



ТЕМПЕРАТУРА

Глобальная средняя температура в 2019 году была примерно на $1,1 \pm 0,1$ °C выше базового уровня 1850—1900 годов, используемого в качестве аппроксимации доиндустриальных уровней. 2019 год, скорее всего, станет вторым самым теплым годом в истории наблюдений. Оценка ВМО основана на пяти глобальных наборах данных о температуре¹ (рис. 1), при этом, согласно четырем из пяти глобальных наборов данных о температуре, 2019 год стал вторым самым теплым, а одному — третьим. Разброс значений в пяти оценках составляет от 1,05 °C до 1,18 °C.

Согласно специальному докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) о потеплении на 1,5 °C (СД15 МГЭИК), «глобальное потепление, вызванное деятельностью человека², достигло в 2017 году значения, которое приблизительно на 1 °C (вероятно между 0,8 °C и 1,2 °C) выше доиндустриальных уровней, при этом увеличение составляло 0,2 °C (вероятно между 0,1 °C и 0,3 °C) за десятилетие (высокая степень достоверности)». Обновленные данные за 2019 год согласуются с продолжающимся потеплением в диапазоне 0,1—0,3 °C за десятилетие.

2016 год, начавшийся с исключительно сильного Эль-Ниньо, остается самым теплым годом за всю историю наблюдений. Слабое проявление Эль-Ниньо в первой половине 2019 года, возможно, внесло небольшой вклад в высокие глобальные температуры в 2019 году,

¹ Эти пять наборов данных включают три набора данных *in situ* (HadCRUT.4.6.0.0, выпущенный Метеобюро СК и Отделом климатических исследований Университета Восточной Англии, NOAA GlobalTemp v5, выпущенный Национальным управлением океанических и атмосферных исследований США (НУОА) и GISTEMP v4, выпущенный Институтом космических исследований им. Годдарда при Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАСА)) и два реанализа (ERA5, выпущенный Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) для Службы по изменению климата «Коперник», и JRA-55, выпущенный Японским метеорологическим агентством).

² Общее потепление обозначает фактическое изменение температуры вне зависимости от причин, в то время как антропогенное потепление соответствует компоненту этого потепления, обусловленному деятельностью человека. Оценка антропогенного потепления основана на Haustein, K. et al., 2017: A real-time Global Warming Index. *Scientific Reports* 7, 15417, doi:10.1038/s41598-017-14828-5.

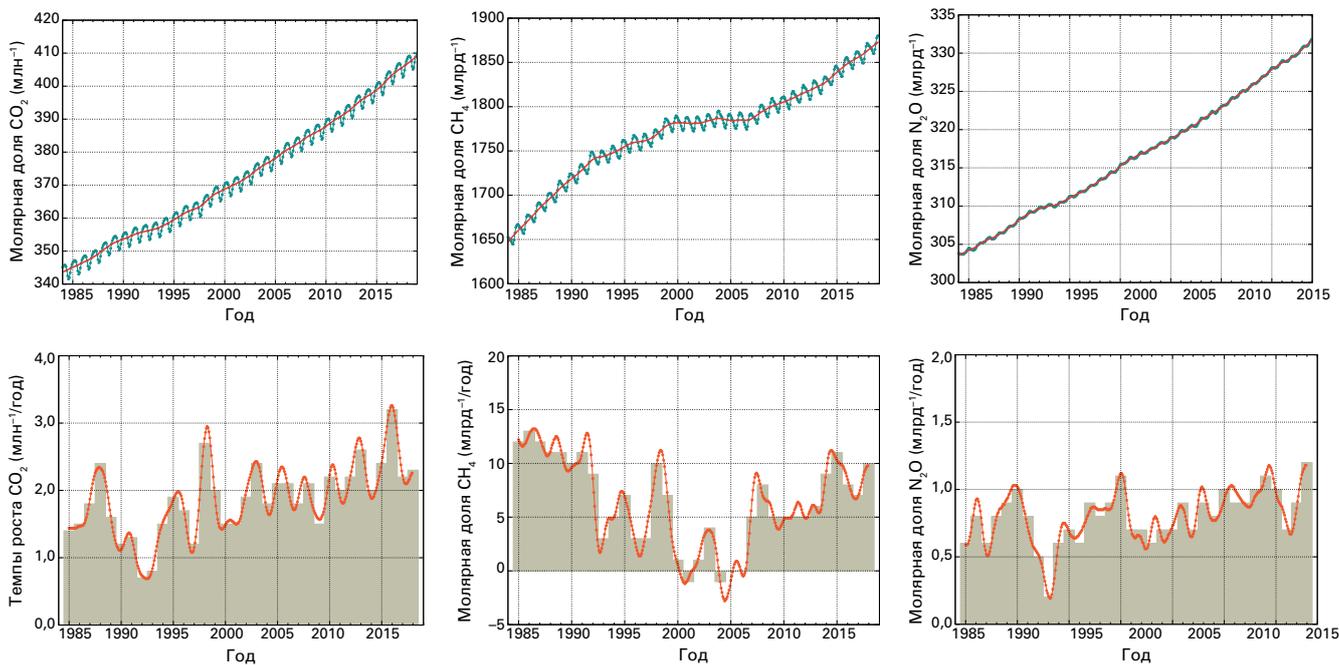


Рисунок 3. Верхний ряд: глобально усредненная молярная доля (мера концентрации) в период с 1984 по 2018 год, CO_2 в частях на миллион (слева), CH_4 в частях на миллиард (посередине) и N_2O в частях на миллиард (справа). Красной линией обозначена среднемесячная молярная доля без учета сезонных колебаний; голубыми точками и линиями показаны месячные средние значения. Нижний ряд: темпы роста, представляющие собой последовательное увеличение среднегодовых молярных долей CO_2 в частях на миллион в год (слева), CH_4 в частях на миллиард в год (посередине) и N_2O в частях на миллиард в год (справа). (Источник: Глобальная служба атмосферы ВМО)

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ И ОЗОН

но в начале года не наблюдалось такого явного повышения температуры, как в начале 2016 года.

Последние пять лет, с 2015 по 2019 год, стали пятью самыми теплыми годами за всю историю наблюдений. Средние значения за пятилетний (2015—2019 годы) и десятилетний (2010—2019 годы) периоды являются соответственно самыми высокими для пяти- и десятилетних периодов за всю историю метеорологических наблюдений³. Начиная с 1980-х каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее десятилетие с 1850 года.

Хотя и очевидно, что в целом год был теплым, по всему миру наблюдались колебания температурных аномалий. Температура на большей части суши была выше, чем в среднем в последнее время (1981—2010 гг., рис. 2). 2019 год был одним из трех самых теплых для Африки за историю наблюдений по меньшей мере с 1950 года. Другие средние континентальные показатели вошли в число трех самых теплых лет, за исключением средних показателей по Северной Америке, где наблюдался 14-й номинально самый теплый год. Год был исключительно теплым для американского штата Аляска. Заметно теплая погода стояла в этом году на обширных территориях Арктики, в Центральной и Восточной Европе, южной части Африки, материковой части Юго-Восточной Азии, районах Австралии (где был самый теплый и сухой год за всю историю наблюдений), Северо-Восточной Азии и части Бразилии. За пределами Северной Америки в ограниченных районах была зафиксирована температура воздуха над сушей ниже средней.

Глобальные усредненные молярные доли парниковых газов рассчитываются на основе наблюдений *in situ*, произведенных во множестве мест и полученных в рамках программы ВМО Глобальная служба атмосферы (ГСА). Эти данные поступают из Мирового центра данных по парниковым газам, находящегося в ведении Японского метеорологического агентства⁴. В качестве репрезентативного базового уровня для доиндустриальных условий используется 1750 год.

Повышение уровня концентрации парниковых газов в атмосфере является наиболее значительной причиной изменения климата. Атмосферные концентрации отражают баланс между источниками (включая выбросы) и поглотителями. Глобальные концентрации CO_2 отражают баланс между выбросами, вызванным деятельностью человека, и поглощением биосферой и океаном.

В 2018 году молярные доли парниковых газов обновили свой максимум: глобальные усредненные молярные доли CO_2 составили $407,8 \pm 0,1$ млн⁻¹, CH_4 — 1869 ± 2 млрд⁻¹ и N_2O — $331,1 \pm 0,1$ млрд⁻¹ (рис. 3). Годовое увеличение концентрации трех основных парниковых газов было более значительным, чем увеличение в предыдущем году и чем среднее увеличение за десятилетие. В 2018 году их глобальные усредненные молярные доли представляли собой соответственно 147 %, 259 % и 123 % по отношению к доиндустриальным

³ Для непересекающихся пяти- и десятилетних периодов.
⁴ <https://gaw.kishou.go.jp/>

(до 1750 года) уровням. Глобальные средние показатели за 2019 год будут доступны не раньше конца 2020 года, однако данные в режиме реального времени из ряда конкретных местоположений, включая Мауна-Лоа (Гавайи) и Кейп-Грим (Тасмания) показывают, что уровни CO₂, CH₄ и N₂O продолжали расти в 2019 году.

В докладе СД15 МГЭИК установлено, что ограничение потепления уровнем в 1,5 °C выше доиндустриальных температур подразумевает достижение чистых нулевых выбросов CO₂ во всем мире примерно к 2050 году и одновременное резкое сокращение выбросов не связанных с CO₂ загрязнителей, в особенности метана.

УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ

Точная оценка антропогенных выбросов CO₂ и их перераспределения в атмосфере, океане и биосфере суши — «глобальный углеродный бюджет»⁵ — важна для лучшего понимания глобального углеродного цикла, поддержки разработки политики в области климата и прогнозирования будущего изменения климата.

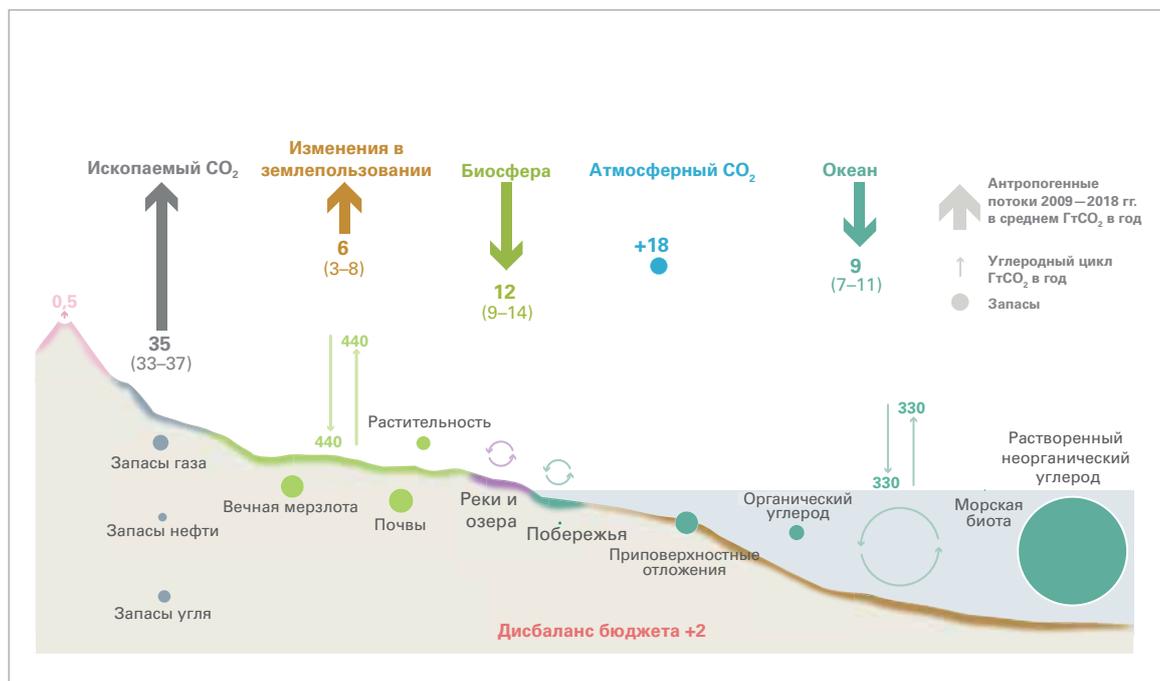
Выбросы CO₂ от ископаемого топлива неуклонно росли в течение последних двух столетий, лишь ненадолго уступая место незначительным сокращениям, характерным для масштабных экономических спадов, таких как рецессии или нефтяные кризисы. В течение десятилетнего периода 2009—2018 гг., по которому имеются полные данные, глобальные выбросы CO₂ от ископаемого топлива

составляли в среднем 34,7 ± 1,8 ГтCO₂ (миллиарды тонн) в год, росли в среднем на 0,9 % в год и в 2018 году достигли рекордного уровня в 36,6 ГтCO₂. За тот же период выбросы двуокси углерода в результате изменений в землепользовании составили 5,5 ± 2,6 ГтCO₂, не следуя какой бы то ни было четкой тенденции (рис. 4).

В 2009—2018 гг. как атмосферная концентрация CO₂, так и темпы ее роста увеличились, а поглощение CO₂ на суше и в океане продолжало расти в ответ на увеличение концентрации CO₂ в атмосфере. Поглотители CO₂ на суше и в океане удаляют около 45 % всех антропогенных выбросов CO₂.

Предварительный прогноз глобальных выбросов CO₂ от ископаемого топлива на основе данных за три первых квартала 2019 года указывал на то, что в 2019 году выбросы вырастут на 0,6 % при диапазоне от -0,2 % до +1,5 %, что не исключает вероятности нулевого роста или даже незначительного снижения выбросов относительно 2018 года. Выбросы от пожаров в зонах обезлесения свидетельствуют о том, что выбросы в результате изменений в землепользовании в 2019 году были выше среднего значения за период 2009—2018 гг. Темпы роста концентрации CO₂ в атмосфере в 2019 году составили 19,1 ± 3,3 ГтCO₂, что выше среднего значения за 2009—2018 годы, при этом рост обусловлен увеличением выбросов CO₂. По предварительной оценке поглощение CO₂ океаном и сушей в 2019 г. составило 9,5 ГтCO₂ и 14,3 ГтCO₂ соответственно, что выше среднего показателя за десятилетие.

Рисунок 4. Бюджет с возмущением глобального углеродного цикла, вызванным деятельностью человека, глобальные усредненные данные за десятилетие 2009—2018 гг. Антропогенное возмущение происходит в дополнение к природным потокам углерода; потоки и запасы представлены более тонкими стрелками и кругами. «Дисбаланс» между общими объемами выбросов и общими объемами поглотителей в данных, моделировании или нашем понимании углеродного цикла (Источники: Глобальный углеродный проект, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>; Friedlingstein et al. 2019)



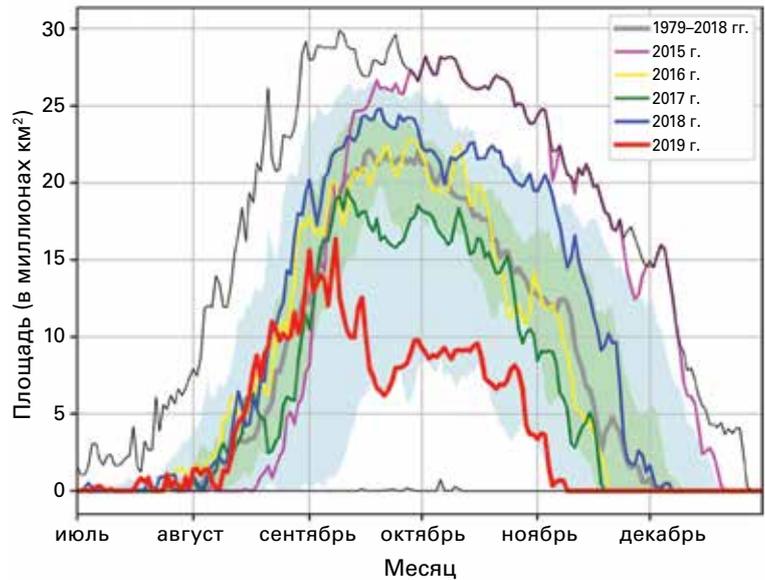
⁵ Friedlingstein, P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019. *Earth System Science Data*, 11, 1783–1838, <https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/>.

СТРАТОСФЕРНЫЙ ОЗОН И ОЗОНОРАЗРУШАЮЩИЕ ГАЗЫ

Благодаря успеху Монреальского протокола, как сообщалось, использование галонов и хлорфторуглеродов (ХФУ) было прекращено. Для того чтобы понять, какое влияние они продолжают оказывать на озоновый слой, и обнаружить неожиданные изменения, проводится мониторинг уровня их концентрации в атмосфере. В недавних исследованиях сообщалось о замедлении темпов снижения концентрации ХФУ 11 в атмосфере после 2012 года⁶, что объяснялось увеличением глобальных выбросов, в которые вносят свой вклад выбросы из Восточной Азии. Ввиду продолжительности жизни этих соединений в атмосфере они будут сохраняться в ней на протяжении многих десятилетий. Даже в отсутствие новых выбросов в атмосфере все еще содержится более чем достаточное количество хлора и брома для того, чтобы вызвать полное разрушение озонового слоя на определенных высотах в Антарктике в период с августа по декабрь. Следовательно, образование озоновой дыры по-прежнему остается ежегодным весенним явлением с межгодовыми колебаниями ее размеров и глубины, в значительной степени зависящими от метеорологических условий.

В 2019 году озоновая дыра сформировалась относительно рано и продолжала расти до тех пор, пока внезапное стратосферное потепление в сентябре не помешало дальнейшему разрушению озона и не привело к тому, что озоновая дыра стала меньше и слабее, чем ее долгосрочные средние показатели. Площадь истощения озонового слоя была меньше долгосрочного среднего показателя, а минимальное содержание озона оставалось выше долгосрочного среднего значения до начала ноября, когда озоновая дыра исчезла несколькими неделями раньше обычного. В 2019 году площадь озоновой дыры достигла своего максимума, 16,4 млн км², 8 сентября. Для сравнения, согласно анализу Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА), она достигала 29,9 млн км² 9 сентября 2000 года и 29,6 млн. км² 24 сентября 2006 года (рис. 5).

Площадь озоновой дыры – Южное полушарие



ОКЕАН

Океан является важной частью системы Земля. Скорость изменения теплосодержания океана является мерой глобального потепления, поскольку оно представляет собой значительную долю тепла, накопленного в климатической системе. Тепловое расширение от потепления океана в сочетании с таянием льда на суше приводит к повышению уровня моря, что оказывает воздействие на побережье. Изменения в химии океана, связанные с повышением концентрации CO₂ в атмосфере, изменяют pH океана.

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ ОКЕАНА

Теплосодержание океана (ТСО) является одним из основных показателей изменения климата, поскольку служит мерой накопления тепла в системе Земля. Вызванные человеком изменения состава атмосферы вызывают радиационный дисбаланс в верхних слоях атмосферы, или энергетический дисбаланс Земли, который способствует глобальному потеплению⁷. Ввиду большой теплоемкости океана большая часть (~90 %) этого накопленного тепла содержится в глобальном океане.

Рисунок 5. Площадь (в млн км²), на которой общее содержание озона в атмосферном столбе было ниже 220 единиц Добсона; 2019 год обозначен красным цветом. Самые последние годы приводятся для сравнения, как показано в условных обозначениях. Плавная жирная серая линия представляет собой среднее значение за 1979–2018 годы. Затененная голубым цветом область отображает 30-й и 70-й процентиля, а затененная зеленой областью — 10-й и 90-й процентиля за период 1979—2018 гг. Тонкие черные линии показывают максимальные и минимальные значения для каждого дня в период 1979—2018 гг. График составлен BMO на основе данных, загруженных с веб-сайта НАСА «Ozone Watch» (<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). Данные НАСА основаны на спутниковых наблюдениях с помощью приборов OMI и TOMS.

⁶ Montzka, S. A. et al., 2018: An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC11. *Nature*, 557:413-417, doi:10.1038/s41586-018-0106-2. Природа, 557:413-417, doi:10.1038/s41586-018-0106-2.

⁷ Hansen, J. et al., 2011: Earth's energy imbalance and implications, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 13 421–13 449.

⁸ Всемирная программа исследований климата (ВПИК) Global Sea Level Budget Group, 2018: Global sea-level budget 1993–present. *Earth System Science Data*, 10, 1551–1590, <https://doi.org/10.5194/essd-10-1551-2018>.

⁹ Hoegh-Guldberg, O., et al., 2018: Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. Содержится в: Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2018: «Глобальное потепление на 1,5 °C». (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, eds.). Geneva.

¹⁰ Rhein, M, et al., 2018: Greenland submarine meltwater observed in the Labrador and Irminger Seas. *Geophysical Research Letters*, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL079110>.

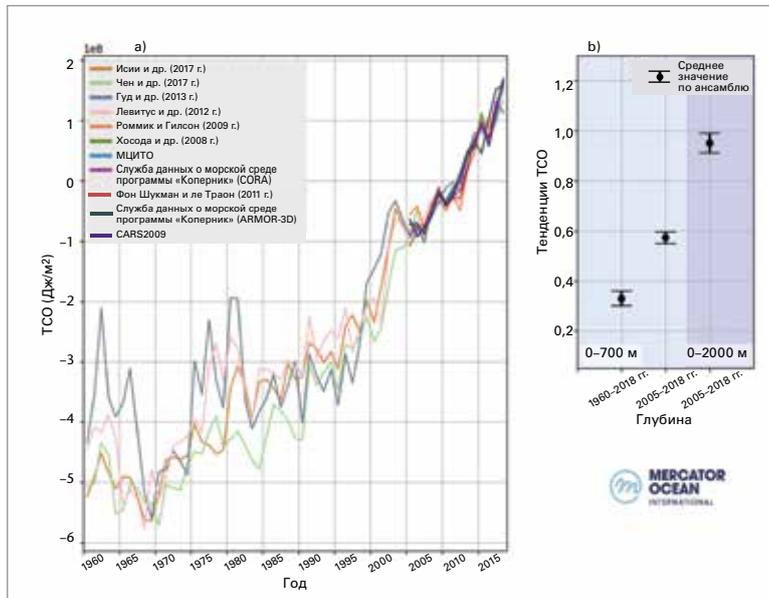


Рисунок 6.

а) Почти глобальное (60° ю. ш. — 60° с. ш.) усредненное ТСО за период 1960—2018 гг., рассчитанное на основе различных продуктов по температуре подповерхностного слоя. Продукты на основе Арго, как указано в условных обозначениях, нанесены на графике с 2005 года²².
 б) Скорость изменения временных рядов ансамблевых средних ТСО, показанная в а), с указанием разброса по ансамблю. Скорость составляет $0,3 \pm 0,1$ Вт·м⁻² (0—700 м, 1960—2018 гг.), $0,6 \pm 0,1$ Вт·м⁻² (0—700 м, 2005—2018 гг.), $1,0 \pm 0,1$ Вт·м⁻² (0—2000 м, 2005—2018 гг.).

Таким образом, происходит потепление океана, которое имеет далеко идущие последствия для климатической системы Земли. Например, повышением ТСО обусловлено более 30 % наблюдаемого повышения глобального среднего уровня моря, происходящего в результате теплого расширения орской воды⁸. Потепление океана изменяет океанические течения^{9,10} и косвенно изменяет траектории штормов^{11,12}. Последствия потепления океана широко затрагивают и криосферу Земли, так как шельфовые ледники истончаются, а ледяные щиты отступают^{13,14,15,16}. Потепление океана усиливает

стратификацию океана, и вместе с закислением и деоксигенацией океана оно может привести к резким изменениям в совокупности экосистем и биоразнообразии, к исчезновению популяций, обесцвечиванию кораллов и инфекционным заболеваниям, изменениям в поведении (включая размножение), а также к перераспределению среды обитания^{17,18,19}.

Измерения, проводившиеся в 1940-е годы, в значительной степени опирались на судовые методы, что ограничивало доступность наблюдений за температурой подповерхностного слоя в глобальном масштабе и на глубине²⁰. Таким образом, глобальные оценки ТСО часто ограничены периодом, начинающимся с 1960 г., и интегралом по вертикали от поверхности до глубины 700 метров. С развертыванием сети автономных ныряющих буев Арго, которая достигла целевого охвата в 2006 г., стало возможным регулярное измерение изменения ТСО на глубине до 2000 м²¹ (рис. 6).

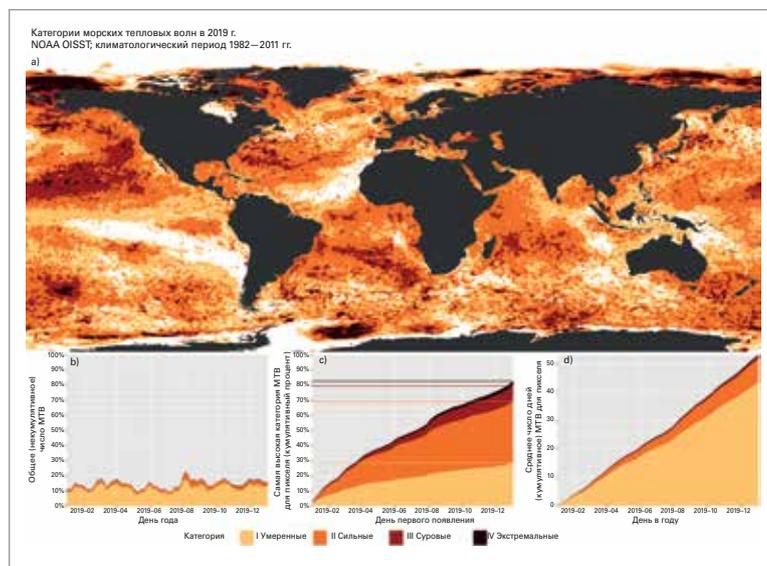
В 2019 году ТСО в верхних 700 м (в ряду измерений, начинающемся с 1950-х годов) и верхних 2000 м (в ряду, начинающемся с 2006 года) продолжало повышаться, достигнув рекордных или близких к рекордным уровней, при этом среднее значение за год превысило предыдущие рекордные максимумы, установленные в 2018 году. В течение последних двух с половиной лет десятилетия и по сравнению с историческим поглощением тепла с 1960 г. глобальное накопление тепла в океане увеличилось в верхнем слое (0—700 м), кроме того поглощение тепла происходит в более глубоких слоях океана (0—2000 м).

¹¹ Yang, H. et al., 2016: Intensification and poleward shift of subtropical western boundary currents in a warming climate, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 4928–4945, doi:10.1002/2015JC011513.
¹² Woollings, T., et al., 2012: Response of the North Atlantic storm track to climate change shaped by ocean - atmosphere coupling. *Nature Geoscience*, May 2012, doi: 10.1038/NGEO1438.
¹³ Shi, J. R. et al., 2018: Evolving relative importance of the Southern Ocean and North Atlantic in anthropogenic ocean heat uptake. *Journal of Climate*, 31, 7459–7479, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0170.1>.
¹⁴ Polyakov, I.V. et al., 2017: Greater role for Atlantic inflows on sea ice loss in the Eurasian basin of the Arctic ocean. *Science*, 356, 285-291, doi: 10.1126/science.aai8204.
¹⁵ Straneo, F. et al., 2019: The case for a sustained Greenland ice sheet - Ocean Observing System (GRI00S). *Frontiers in Marine Science*, 6, 138, doi: 10.3389/fmars.2019.00138.
¹⁶ Shepherd, A. et al., 2018: Trends and connections across the Antarctic cryosphere. *Nature*, 439(7078), 835-838. 558(7709), стр. 223-232, <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0171-6>.
¹⁷ Gattuso, J.-P., et al. (2015): Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios. *Science*, 349, no. 6243, doi: 10.1126/science.aac4722.
¹⁸ Molinos, J.G., et al. (2016): Climate velocity and the future global redistribution of marine biodiversity. *Nature Climate Change*, 6, <https://doi.org/10.1038/nclimate2769>.
¹⁹ Ramírez, F. et al., 2017: Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Science Advances*, 3, doi: 10.1126/sciadv.1601198.
²⁰ Abraham, J. P. et al., 2013: A review of global ocean temperature observations: implications for ocean heat content estimates and climate change. *Review of Geophysics*, 51, 450–483, doi: 10.1002/rog.20022.
²¹ Riser, S. et al., 2016: Fifteen years of ocean observations with the global Argo array. *Nature Climate Change*, 6, 145–153, <https://doi.org/10.1038/nclimate2872>.
²² Более подробную информацию о различной используемой информационной продукции можно найти по ссылкам, указанным в условных обозначениях; с информацией о CARS2009 можно ознакомиться по ссылке <http://www.marine.csiro.au/~dupn/cars2009/>, с дальнейшей информацией о Международном центре исследований Тихого океана (МЦИТО) — по ссылке <http://apdr.csoest.hawaii.edu/projects/argo/>, о Службе данных о морской среде программы «Коперник» — по ссылке <http://marine.copernicus.eu/>.

МОРСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ ВОЛНЫ

Как и в случае с волнами тепла на суше, экстремальная жара может оказывать воздействие на приповерхностный слой океана с целым рядом последствий для морской флоры и фауны и зависящих от них сообществ. Спутниковые данные о температуре поверхности моря могут использоваться для мониторинга морских тепловых волн (МТВ). В данном случае МТВ делятся на следующие категории: умеренные, когда температура поверхности моря превышает 90-ый процентиль климатологического распределения в течение пяти дней и более²³ сильные, когда разность температуры с долгосрочным средним значением более чем в два раза превышает разность между 90-ым процентилем и долгосрочным средним значением; суровые — в случае более чем трехкратного превышения; экстремальные — более чем четырехкратного.

В 2019 г. (рис. 7) число дней МТВ, усредненное по всему океану, составило примерно 55 дней на пиксель, что означает почти два месяца необычно высокой температуры. МТВ, отнесенные к категории «сильных» (41 %), встречались в океане чаще, чем «умеренные» МТВ (29 %), и на 84 % поверхности океана наблюдалась, по крайней мере, одна МТВ. В северо-восточной части Тихого океана большие площади были затронуты МТВ категории «суровые». С 2014 по 2016 год температура поверхности моря в этом районе также была необычайно высокой, а масса более теплых, чем в среднем, вод получила название «блоб»^{24,25}. Еще одним заслуживающим внимания районом является Тасманово море, где летом 2015/2016 гг.²⁶, 2017/18 гг.²⁷ и 2018/19 гг. наблюдался ряд МТВ. В конце 2019 года экстремальная МТВ также затронула район к востоку от Новой Зеландии. Климатические явления, включая МТВ и наводнения, повлекли за собой обширную гибель основных сообществ, составляющих морскую среду обитания, вдоль более чем 45 % континентальной береговой линии Австралии в период с 2011 по 2017 год²⁸.



УРОВЕНЬ МОРЯ

В 2019 году уровень моря продолжал повышаться (рис. 8, слева), и его глобальный средний уровень достиг своего наивысшего значения с момента начала высокоточных альтиметрических наблюдений (то есть с января 1993 года). Средний темп прироста за 27 летний период составил, по оценкам, $3,24 \pm 0,3$ мм·год⁻¹, однако в течение этого периода он ускорился. Все более значительная потеря ледяной массы ледяных щитов является основной причиной ускорения глобального повышения среднего уровня моря⁸, которое происходит помимо устойчивого повышения уровня моря в результате расширения вод океана, вызванного потеплением.

Межгодовая изменчивость (рис. 8, справа) повышения уровня моря в основном обусловлена Эль-Ниньо/Южным колебанием (ЭНЮК, см. также раздел «Факторы, влияющие на краткосрочную изменчивость климата»). В периоды Эль-Ниньо вода из тропических речных бассейнов переносится с суши в океан в результате изменений

Рисунок 7.

а) Глобальная карта, показывающая высшую категорию МТВ, наблюдаемую на каждом пикселе в течение года, составленная с использованием набора данных NOAA OISST v2 (базовый период 1982—2011). Белым цветом обозначено отсутствие МТВ в пикселе в течение всего года. б) График с накоплением, показывающий процент океанических пикселей с МТВ в любой данный день года. в) График с накоплением, показывающий совокупную процентную долю океана, в которой в течение года наблюдалась МТВ²⁹. Горизонтальные линии на этом рисунке показывают итоговый процент по каждой из категорий МТВ. г) График с накоплением, показывающий совокупное число дней МТВ, усредненное по всем пикселям в океане³⁰. (Источник: Robert Schlegel, Woods Hole)

²³ Hobday, A. J. et al., 2018: Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

²⁴ Gentemann, C. L. et al., 2017: Satellite sea surface temperatures along the West Coast of the United States during the 2014–2016 northeast Pacific marine heat wave. *Geophysical Research Letters*, 44, 312–319, doi:10.1002/2016GL071039.

²⁵ Di Lorenzo, E. and N. Mantua, 2016: Multi-year persistence of the 2014/15 North Pacific marine heatwave. *Nature Climate Change*, 6(11), p.1042, doi: 10.1038/nclimate3082.

²⁶ Oliver, E. C. et al., 2017. The unprecedented 2015/16 Tasman Sea marine heatwave. *Nature communications*, 8, p.16101, doi: 10.1038/ncomms16101.

²⁷ Perkins-Kirkpatrick, S. E. et al., 2019: The role of natural variability and anthropogenic climate change in the 2017/18 Tasman Sea marine heatwave. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1), pp.S105–S110, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0116.1>.

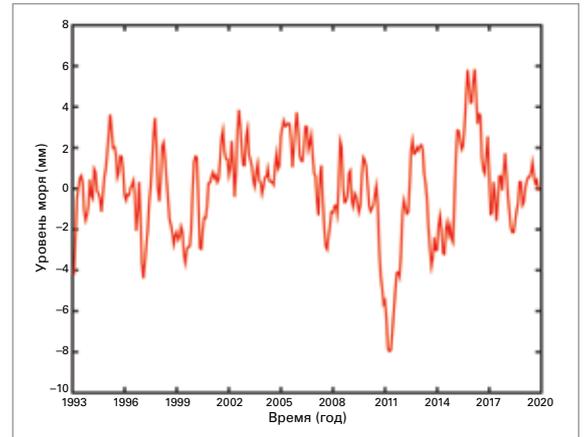
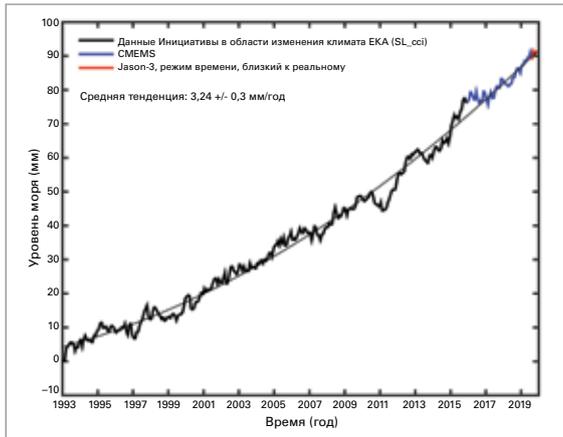
²⁸ Babcock, R. C. et al., 2019: Severe continental-scale impacts of climate change are happening now: Extreme climate events impact marine habitat forming communities along 45% of Australia's coast. *Frontiers in Marine Science*, 6, <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00411>.

²⁹ Эти значения отражают момент года, когда на пикселе впервые наблюдается наивысшая категория МТВ, таким образом каждый пиксель учитывается лишь один раз.

³⁰ Это делается путем определения суммарного количества дней МТВ на пиксель для всего океана и деления его на общее количество пикселей океана (~690 000).

Рисунок 8.

Слева: изменение глобального среднего уровня моря за период с января 1993 года по декабрь 2019 года на основе высокоточной альтиметрии. Тонкая черная линия является квадратичной функцией, наилучшим образом представляющей данные. Данные Службы мониторинга морской среды программы «Коперник» поступают с января 2016 года, а данные Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ) — с октября 2019 года. Справа: глобальный средний уровень моря за тот же период с исключенным трендом (разность между плавной квадратичной функцией и измеренными величинами на рисунке слева)



в режиме осадков и стоках (например, в 1997, 2012 и 2015 годах). В ходе явлений Ла-Нинья происходит обратное: вода переносится из океана на сушу (например, в 2011 году)³¹.

Повышение уровня моря не является однородным в региональном масштабе. На рис. 9 показаны пространственные тенденции в период с января 1993 года по май 2019 года. Наиболее заметные региональные тенденции в южном полушарии проявляются к востоку от Мадагаскара в Индийском океане, к востоку от Новой Зеландии в Тихом океане и к востоку от Рио-де-ла-Плата/Южной Америке в

южной части Атлантики. В северном полушарии в северной части Тихого океана также наблюдается вытянутый в восточном направлении контур. Ярво выраженная тенденция, наблюдавшаяся в западной тропической части Тихого океана в течение первых двух десятилетий альтиметрических наблюдений, в настоящее время ослабевает, что свидетельствует о ее недолгосрочном характере. В неоднородных тенденциях, касающихся уровня моря, доминируют географические колебания в теплосодержании океана, но они также зависят от процессов, происходящих в атмосфере, геосфере и криосфере^{32,33}.

Региональные тенденции изменения среднего уровня моря (с января 1993 г. по май 2019 г.)

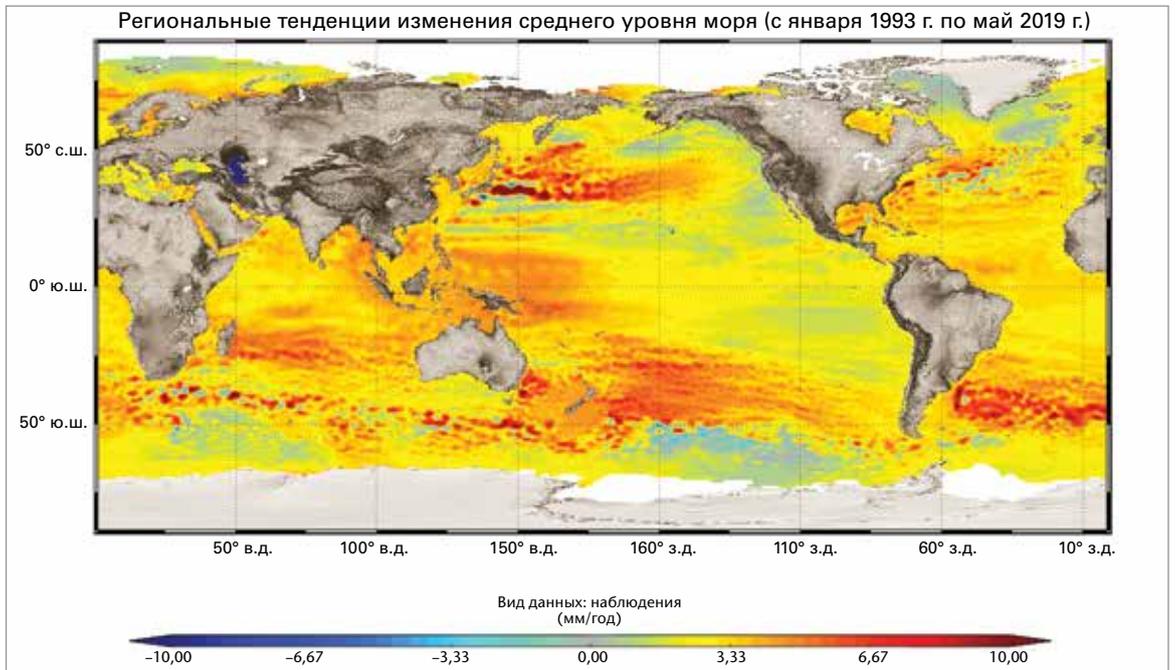


Рисунок 9. Региональная изменчивость тенденций изменения уровня моря за 1993—2019 годы на основе спутниковой альтиметрии. (Источник: Copernicus/Collecte Localisation Satellites (CLS)/Centre national d'études spatiales (CNES)/Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS))

³¹ Fasullo, J. T. et al., 2013: Australia's unique influence on global sea level in 2010–2011. *Geophysical Research Letters*, 40, 4368–4373, doi:10.1002/grl.50834.

³² Church, J. A. et al., 2013: Sea Level Change. Содержится в: Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T. F. et al. (eds.)). Cambridge and New York, Cambridge University Press.

³³ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2019: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)). In press.

ЗАКИСЛЕНИЕ ОКЕАНА

За десятилетие 2009—2018 гг. океан поглотил около 23 % ежегодных выбросов CO_2 ³⁴, что помогает смягчить последствия изменения климата. Однако увеличение концентрации CO_2 в атмосфере изменяет химический состав океана, поскольку CO_2 вступает в реакцию с морской водой, снижая ее pH и повышая кислотность океана. Этот процесс называется закислением океана. Изменение pH связано с изменениями в химическом составе карбонатов, которые снижают способность некоторых морских организмов, таких как мидии, ракообразные и кораллы, к кальцификации. Совокупность изменений влияет на морскую флору и фауну, уменьшая потенциал роста и размножения. Наблюдения открытого океана за последние 20—30 лет указывают на заметное снижение среднего глобального pH поверхности океана на 0,017—0,027 единиц pH за десятилетие, начиная с конца 1980-х годов.

В прибрежных морских водах изменения в химическом составе карбонатов, вызванные антропогенным закислением океана, различить

сложнее ввиду многомерности аспектов окружающей среды и разнообразия воздействий на нее. Эти изменения затрагивают океанические службы, сосредоточенные на побережье и имеющие важное значение для благополучия человека, например, рыбный промысел и аквакультуру, туризм и отдых. Ярко выраженный сезонный характер изменчивости pH очевиден по результатам недавно проведенного мониторинга в Южном океане в районе Новой Зеландии (рис. 10), что подчеркивает необходимость в устойчивых долгосрочных наблюдениях с высоким временным и пространственным разрешением.

ДЕОКСИГЕНАЦИЯ

Наблюдения и численные модели показывают снижение содержания кислорода в современных открытых океанах и прибрежных зонах, включая эстуарии и полузакрытые моря. 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)^{35,36}. Однако наблюдения

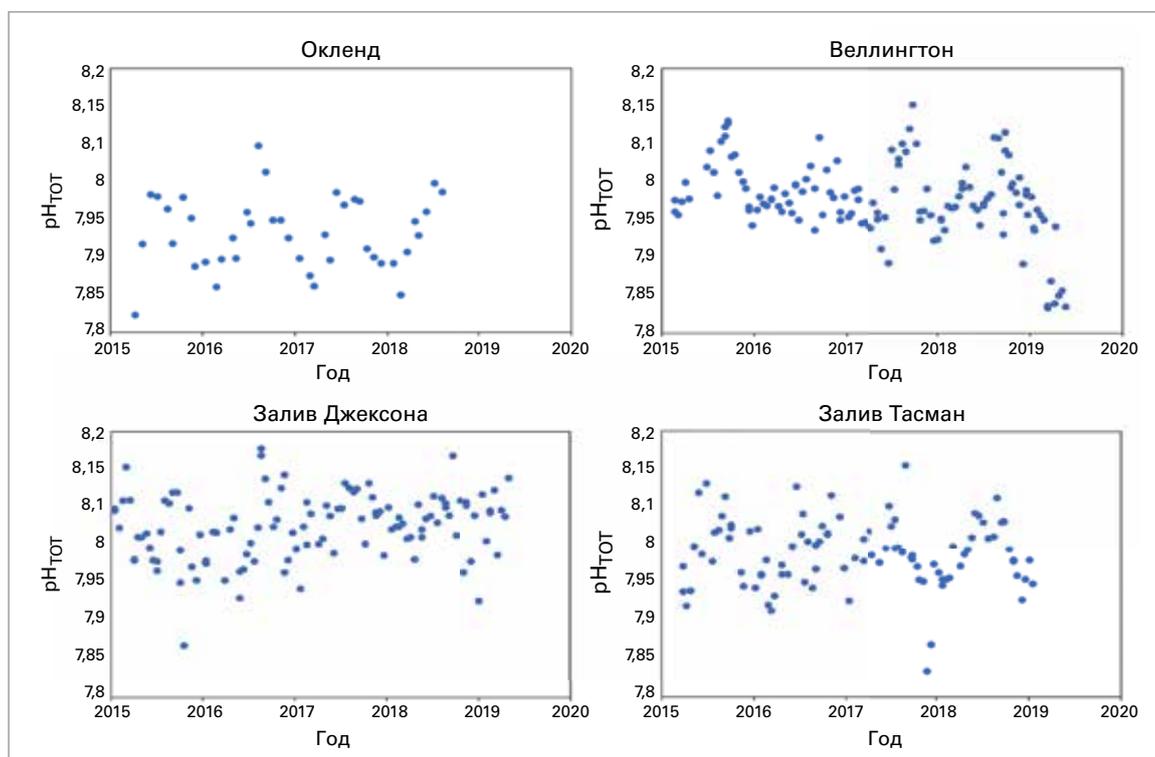


Рисунок 10. Измерения pH в четырех точках в районе Новой Зеландии, представляющие четыре-пять лет наблюдений. Верхний ряд: урбанизированные районы в Окленде и Веллингтоне. Нижний ряд: открытое побережье (залив Джексона) и залив Тасман. Четко прослеживаются сезонные закономерности и изменчивость между измерениями pH. (Материалы: Kim Currie, National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA))

³⁴ Всемирная метеорологическая организация (ВМО), 2019: *Бюллетень ВМО по парниковым газам: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2018*, https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10100.

³⁵ Bopp, L. et al., 2013: Multiple stressors of ocean ecosystems in the 21st century: Projections with CMIP5 models. *Biogeosciences*, 10:6225–6245, <https://doi.org/10.5194/bg-10-6225-2013>.

³⁶ Schmidtko, S. et al., 2017: Decline in global oceanic oxygen content during the past five decades. *Nature*, 542:335–339, doi:10.1038/nature21399.

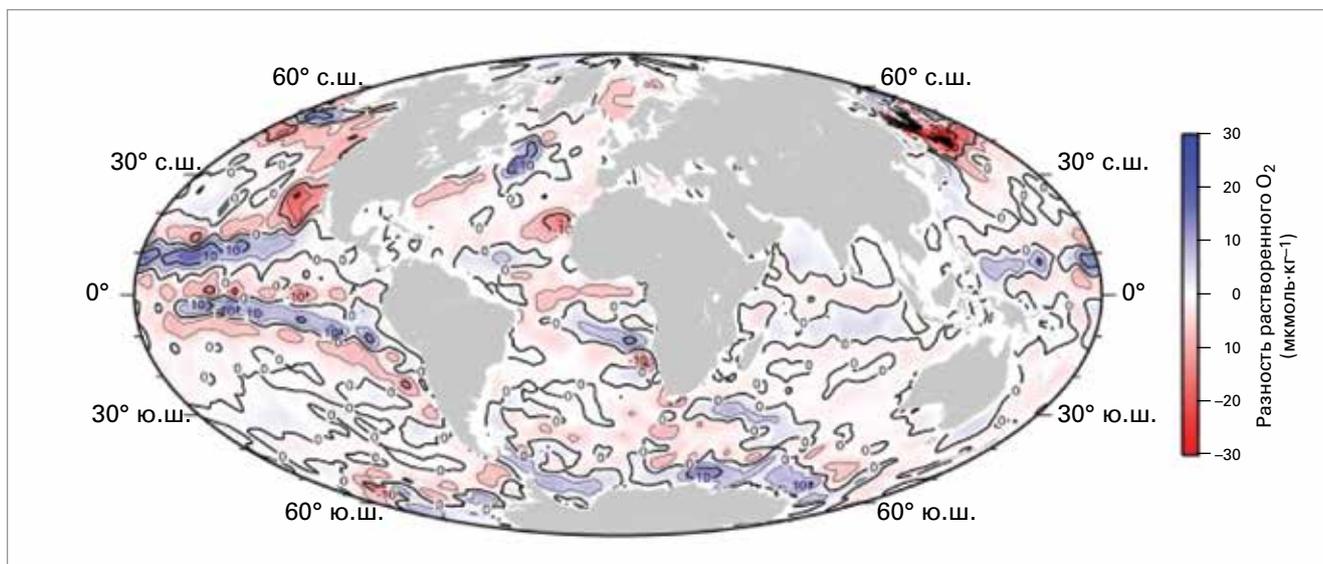


Рисунок 11. Разность растворенного кислорода между 2000—2018 гг. и 1970—2018 гг. на основе измерений *in situ* на глубине 200 м (данные батометров), на основе Атласа Мирового океана 2018 г. (Garcia et al. 2018)

за океаном на глубине 200 м показывают, что изменения в океанических бассейнах неоднородны, причем наибольшие потери растворенного в океане кислорода за последние десятилетия наблюдаются в северном полушарии (рис. 11).

Прогнозируемое расширение к 2100 г. зоны минимального содержания кислорода (< 80 мкмоль·кг⁻¹) на 7 % по сравнению с доиндустриальным периодом, как ожидается, изменит разнообразие, состав, численность и распределение морской флоры и фауны. В новых исследованиях деоксигенация указывается как одна из основных угроз экосистемам океана и благосостоянию человека наряду с потеплением и закислением океана. Даже коралловые рифы в настоящее время признаны уязвимыми к значительной потере кислорода³⁷.

КРИОСФЕРА

Криосфера включает твердые осадки, снежный покров, морской лед, лед на озерах и реках, ледники, ледяные шапки, ледяные щиты, многолетнюю мерзлоту и сезонномерзлый грунт. Она предоставляет ключевые индикаторы изменения климата, оставаясь, несмотря на это, одной из самых неизученных сфер системы Земля. Многие из ее компонентов измеряются на поверхности, но пространственный охват, как правило, недостаточен. Некоторые, например, протяженность морского льда, измеряются в течение многих лет из космоса; возможности

измерять другие компоненты из космоса пока только развиваются. Основные показатели криосферы, используемые в данном случае, включают протяженность морского льда, баланс массы ледников и баланс массы Гренландского ледяного щита. Отдельные снегопады освещены в разделе «Явления со значительными воздействиями в 2019 году».

МОРСКОЙ ЛЕД

За время проведения спутниковых наблюдений (1979 год — настоящее время, рис. 12) протяженность арктического (а также субарктического) морского льда сокращалась в течение каждого месяца на протяжении длительного периода, при этом наибольшее относительное сокращение приходится на конец лета приблизительно к моменту годового минимума в сентябре, при этом наблюдаются региональные различия.

Максимальная суточная протяженность морского льда арктической зимой 2019 года (14,78 млн кв. км), достигнутая около 13 марта, стала седьмым самым низким максимумом за всю историю наблюдений, при этом среднемесячный показатель за март также стал седьмым самым низким из зафиксированных (рис. 12)³⁸. Минимальная суточная площадь морского льда арктическим летом (4,15 млн кв. км), наблюдавшаяся около 18 сентября, стала вторым самым низким показателем за всю историю наблюдений, разделив второе место с показателями за 2007 и 2016 гг.³⁹. Среднемесячная протяженность морского льда в сентябре

³⁷ Camp E.F. et al., 2017: Reef-building corals thrive within hot-acidified and deoxygenated waters. *Scientific Reports*, 7(1), 2434, doi: 10.1038/s41598-017-02383-y.

³⁸ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/03/>

³⁹ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/>

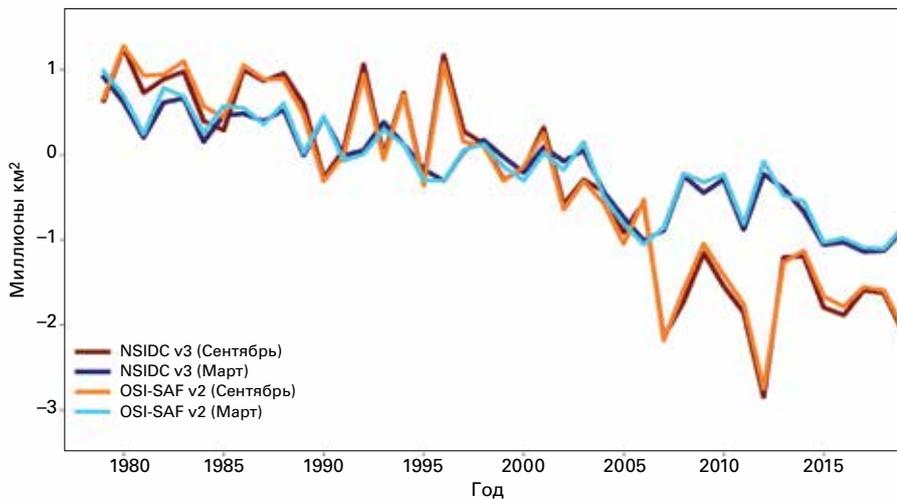


Рисунок 12. Месячные аномалии протяженности арктического морского льда в сентябре и марте (по отношению к средним показателям 1981—2010 гг.) в 1979—2019 гг. (Источник: US National Snow and Ice Data Center (NSIDC) and EUMETSAT Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility (OSI SAF))

номинально стала третьей в числе наименьших сентябрьских показателей за всю историю наблюдений⁴⁰.

Протяженность оставалась крайне низкой до ноября, при этом в море Бофорта, Чукотском, Карском и Баренцевом морях кромка льда продвигалась медленнее, чем обычно. Однако в районе Шпицбергена морской лед вернулся к показателям, близким к средним⁴¹. С апреля по ноябрь 2019 года месячные значения протяженности входили в число трех самых низких для этих месяцев, а месячные значения протяженности за октябрь стали самыми низкими за всю историю наблюдений.

Зимой 2018/19 гг. ледовые условия в арктических морях сильно различались. Несмотря на то, что протяженность льда в Беринговом море была крайне мала, в прилегающем Охотском море она была близка к норме. Северные ветры в регионе Баренцева моря с января по август 2019 года привели к тому, что протяженность

льда в северной части этого района была близка к норме, в отличие от последнего десятилетия, когда она была ниже средней. Зимой 2018/19 гг. наблюдалось раннее образование льда на Великих североамериканских озерах, где ледяной покров превышал средние показатели. Максимальный ледяной покров на Великих озерах составил 145 % от долгосрочного среднего значения и оказался седьмым по величине с 1972/73 гг.⁴².

До 2016 года протяженность морского льда в Антарктике следовала тенденции незначительного долгосрочного увеличения (рис. 13). В конце 2016 года она была прервана внезапным падением протяженности до крайне низких значений. С тех пор протяженность Антарктического морского льда остается на относительно низком уровне. В 2019 году на протяжении трех месяцев (май, июнь и июль) наблюдались рекордно низкие месячные значения протяженности. Поздней зимой и весной в южном полушарии отмечалась протяженность, близкая

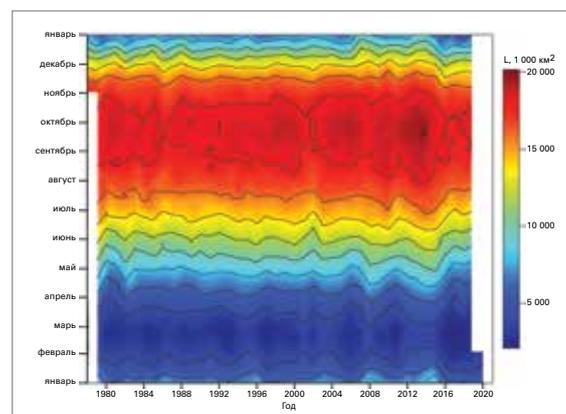
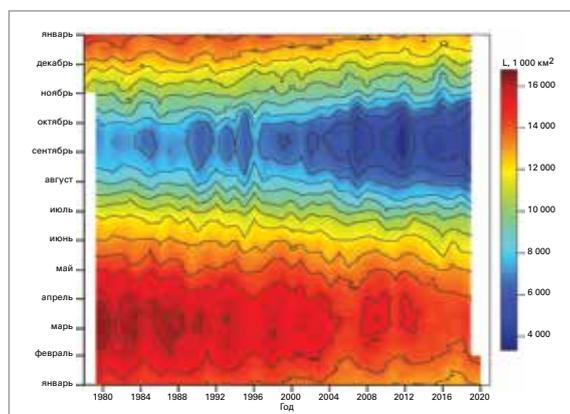


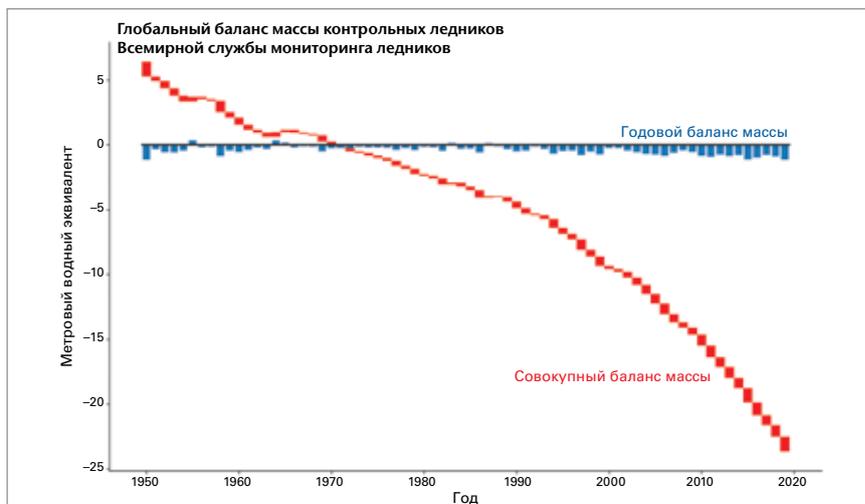
Рисунок 13. Изменчивость сезонного характера суточной протяженности морского льда в Арктике (севернее 45° с. ш., слева) и Антарктике (южнее 50° ю. ш., справа), рассчитанной на основе рядов НЦДСЛ NASA Team за 1978—2020 гг. (Источник: Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (АНИИ))

⁴⁰ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/10/>

⁴¹ <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/11/>

⁴² <https://www.glerl.noaa.gov/data/ice/#historical>

Рисунок 14. Годовой (синий) и совокупный (красный) баланс массы контрольных ледников с более чем 30-летними рядами непрерывных гляциологических измерений. Глобальный баланс массы опирается на среднее значение по 19 регионам с тем, чтобы свести к минимуму перекося в пользу регионов с большим количеством наблюдений. Годовые изменения массы выражаются в единицах метров водного эквивалента (м.в.э.), что соответствует тоннам на квадратный метр (1 000 кг·м⁻²). (Источник: *WGMS, 2020, обновление*)



к долгосрочным средним значениям, однако в ноябре протяженность морского льда опустилась до второго самого низкого значения для этого месяца в истории наблюдений, а в декабре — до четвертого или пятого. Минимальная суточная протяженность морского льда (2,47 млн кв. км), достигнутая примерно 28 февраля, была седьмой самой низкой за историю наблюдений. Максимальная суточная протяженность морского льда (18,40 млн кв. км) была зафиксирована около 30 сентября.

ЛЕДНИКИ

Ледники образуются из уплотненного снега, который может деформироваться и стекать вниз на более низкие, теплые высоты, где он тает, или, если ледник выходит в океан, распадается, образуя айсберги. Ледники чувствительны к изменениям температуры, осадков и приходящей солнечной радиации, а также к другим факторам, таким как изменения в смазке основания или утрата опорного ледяного шельфа.

По данным Всемирной службы мониторинга ледников в 2017/18 гидрологическом году потеря льда наблюдаемых ледников составила 0,89 м водного эквивалента (рис. 14). Предварительные результаты за 2019 год, основанные на подгруппе ледников, показывают, что 2018/19 гидрологический год стал тридцать вторым годом подряд с отрицательным балансом массы, и потеря льда превысила 1 м водного эквивалента. Восемь из десяти лет с самым высоким отрицательным балансом массы пришлось на период с 2010 года. Суммарная убыль льда с 1970 года составляет более 23 м водного эквивалента.

По данным Комиссии по криосфере Швейцарской академии наук, в 2019 г. швейцарские ледники утратили значительный объем льда, хотя общие потери были ниже, чем в предыдущие два года⁴³. Поздней весной снежный покров ледников был примерно на 20—40 % выше нормы, и, хотя начало таяния было относительно поздним, скорость потерь достигла рекордных значений в конце июня и начале июля в течение двухнедельного периода сильной жары. Таяние продолжалось до начала сентября. За 12 месяцев до октября 2019 года было утрачено около 2 % от общего объема швейцарских ледников. За последние пять лет потери превысили 10 %, что представляет собой самые высокие темпы снижения за более чем столетний период наблюдений.

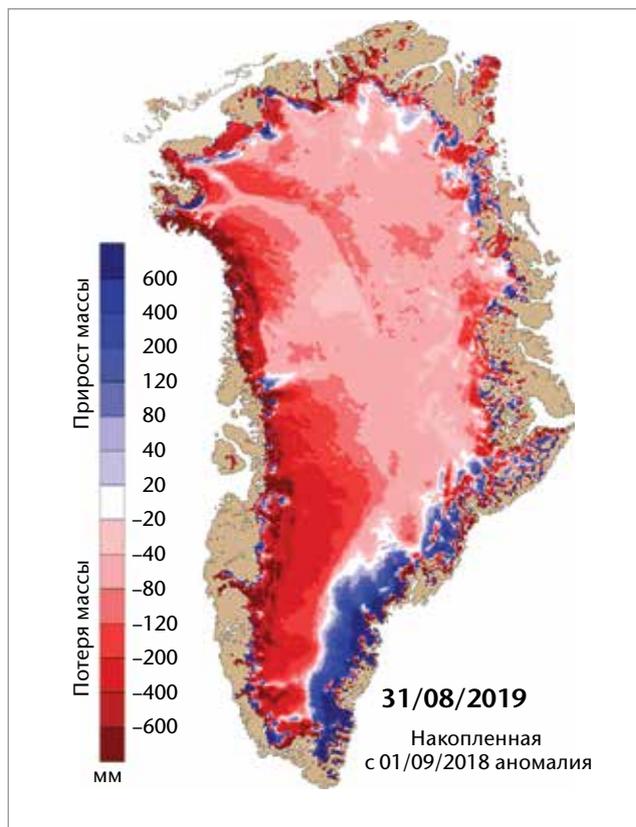
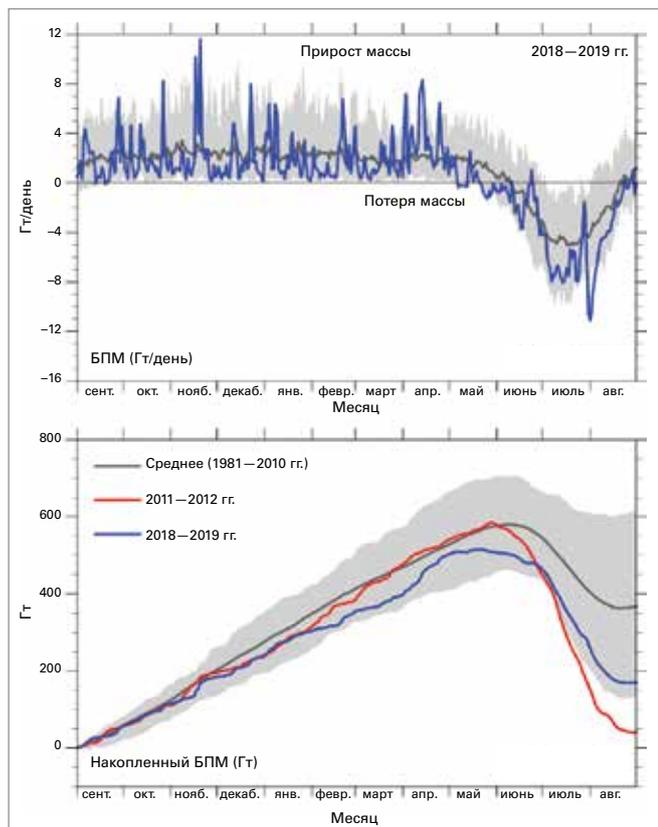
ГРЕНЛАНДСКИЙ ЛЕДЯНОЙ ШИТ

Изменение массы Гренландского ледяного щита является следствием совокупного воздействия баланса поверхностной массы (БПМ), определяемого как разность, всегда положительная в конце года, между снежными осадками и стоком с ледникового щита, и массовых потерь на периферии от откалывания айсбергов и таяния языков ледников, выходящих в океан⁴⁴.

Общий объем накопленного БПМ за период с сентября 2018 года по август 2019 года (рис. 15, слева) составил 169 Гт, что является седьмым самым низким показателем за всю историю наблюдений. Девять из десяти самых низких значений БПМ с 1981 года пришлось на последние 13 лет. Для сравнения, средний показатель БПМ за 1981—2010 годы составил 368 Гт, а самым низким значением БПМ стали 38 Гт в 2012 году. Баланс поверхностной массы был ниже нормы почти по всей Гренландии,

⁴³ <https://naturalsciences.ch/organisations/ekk/118503-glacier-volume-reduced-by-10-per-cent-in-only-five-years>

⁴⁴ На основе сезонного отчета Полярного портала за 2019 год: <http://polarportal.dk/en/home/2019-season-report/>



за исключением юго-востока (рис. 15, справа). Это объясняется сухой зимой, очень ранним началом сезона таяния и долгим, сухим, теплым летом.

Как отмечалось ранее, БПМ всегда положителен к концу года, но ледяной щит также теряет лед из-за откалывания айсбергов и таяния в местах, где языки ледника встречаются с теплой морской водой. С помощью спутников мы можем измерить скорость льда выводных ледников по краям ледяного щита и на основании этого оценить, сколько льда теряется при откалывании и таянии в океане. Анализ за 2018/2019 год показывает уменьшение примерно на 498 Гт. Для сравнения: в период 1986—2018 гг. ледовый щит терял в среднем около 462 Гт в год в виде айсбергов и в результате таяния льда в океане.

Прирост БПМ в 169 Гт в сочетании с сокращением массы льда на 498 Гт вследствие откалывания и таяния в океане дает чистое сокращение массы льда в 329 Гт за 2018/2019 год. Для сравнения: данные со спутников Эксперимента по восстановлению гравитации и исследованию климата (GRACE) свидетельствуют о том, что в период с 2002 по 2016 год Гренландия потеряла около 260 Гт льда в год, и максимум, 458 Гт, пришелся на 2011/2012 г. Таким образом, 329 Гт в этом сезоне являются значением значительно выше среднего, однако не представляют собой рекордное сокращение.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КРАТКОСРОЧНУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА

Океан выполняет ряд важных функций в климате. Температура поверхности океана изменяется относительно медленно, поэтому повторяющиеся закономерности в температуре поверхности моря можно использовать для понимания и, в некоторых случаях, для прогнозирования все более быстро меняющихся погодных режимов на суше в сезонных временных масштабах. Два фактора имеют особое значение для понимания климата в 2019 году: Эль-Ниньо/Южное колебание и индоокеанский диполь.

ЭЛЬ-НИНЬО/ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ (ЭНЮК)

Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК) является одним из наиболее важных факторов, определяющих межгодовую изменчивость глобальных погодных режимов. Явления Эль Ниньо, характеризующиеся температурами поверхности моря выше средних в восточной части Тихого океана и ослаблением пассатов, связаны с более высокими глобальными температурами. Явления Ла-Нинья часто сопровождаются более низкими глобальными температурами и характеризуются температурами поверхности моря ниже средних в восточной части Тихого океана и усилением пассатов.

Рисунок 15. Слева: БПМ за год, с 1 сентября 2018 года по 31 августа 2019 года. На верхнем изображении показаны отдельные дни, на нижнем — накопленный за год БПМ. Данные за 2018/2019 г. представлены синей линией, а долгосрочные средние значения — серой. В целях сравнения на нижнем рисунке также показан красным цветом рекордный 2011/2012 год. Единицами измерения служат гигатонны (Гт) в день и гигатонны, соответственно. Справа: на карте показана аномалия БПМ (в мм) в Гренландии (Источник: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>)

Рекордные глобальные температуры в 2016 году последовали за необычайно сильным явлением Эль-Ниньо в конце 2015 — начале 2016 года. Напротив, 2019 год начался с нейтральных или слабых условий Эль-Ниньо⁴⁵. С октября 2018 года и в течение первой половины 2019 года температура поверхности моря достигла типичных пороговых значений Эль-Ниньо или превысила их, однако это не сопровождалось реагированием атмосферы на ранних стадиях явления. Атмосферные индикаторы, такие как ослабление пассатов и повышение облачности на линии смены дат, не отличались последовательностью вплоть до февраля. После этого сопряжение между океаном и атмосферой поддерживало температуру поверхности моря на уровне, граничащем с уровнем Эль-Ниньо, до середины года.

ИНДООКЕАНСКИЙ ДИПОЛЬ (ИОД)

Положительная фаза индоокеанского диполя (ИОД) характеризуется температурами поверхности моря ниже средних в восточной части Индийского океана и температурами выше средних в его западной части. Отрицательная фаза представляет собой обратную картину. Возникающее в результате изменение градиента температуры поверхности моря по всему бассейну океана оказывает влияние на погоду на окружающих континентах.

В начале 2019 года ИОД был слабopоложительным, становясь все более положительным с мая по октябрь, и став в конечном счете одним из самых сильных положительных проявлений ИОД со времени начала достоверных наблюдений приблизительно в 1960 году. Индекс ИОД несколько снизился к концу года. Положительной фазе ИОД зимой и весной в южном полушарии сопутствуют более сухие и теплые условия в Индонезии и близлежащих странах, а также в некоторых частях Австралии. Зимой и весной в Австралии действительно наблюдались необычно сухие условия, которые усугубляли долгосрочный дефицит осадков. Положительное проявление ИОД также связано с поздним, как в этом году, прекращением юго-западного индийского муссона и с большим количеством осадков в конце года в Восточной Африке. Более подробную информацию о региональных последствиях см. в разделах «Сильные дожди и паводки» и «Засуха», а также во вставке «Тематическое исследование: сильные климатические потрясения ведут к ухудшению положения в области продовольственной безопасности и перемещению населения в районе Большого Африканского Рога в 2019 году».

ЯВЛЕНИЯ СО ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В 2019 ГОДУ

В нижеследующих разделах описывается ряд явлений со значительными воздействиями, имевших место в 2019 году. Информация об этих явлениях в большей степени основывается на данных Членов ВМО, а также на дополнительных сведениях Глобального центра климатологии осадков (ГЦКО), региональных климатических центров и центров мониторинга тропических штормов.

ВОЛНЫ ТЕПЛА И ВОЛНЫ ХОЛОДА

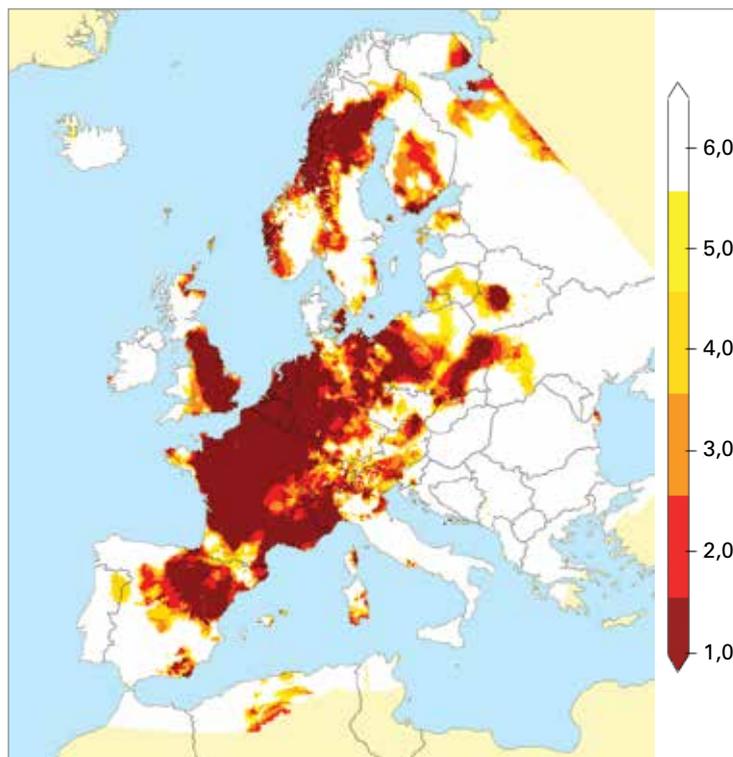
В 2019 году вновь наблюдались многочисленные масштабные волны тепла. Среди наиболее значительных были две волны тепла, которые затронули Европу в конце июня и конце июля (рис. 16). Первая из них достигла максимальной интенсивности на юге Франции, где 28 июня в Верарге (департамент Эро) был установлен национальный рекорд в 46,0 °C (на 1,9 °C выше предыдущего рекорда). Она также затронула большую часть Западной Европы. Вторая волна тепла была более обширной: национальные рекорды были установлены в Германии (42,6 °C), Нидерландах (40,7 °C), Бельгии (41,8 °C), Люксембурге (40,8 °C) и Соединенном Королевстве (38,7 °C). Жара также распространилась на страны Северной Европы, где в Хельсинки 28 июля была зарегистрирована самая высокая температура в истории наблюдений (33,2 °C). На некоторых станциях с длинным рядом наблюдений рекорды были превышены на 2 °C и более, в частности, в Париже, где главная обсерватория Монсури зафиксировала 25 июля 42,6 °C, что на 2,2 °C выше предыдущего рекорда, установленного в 1947 году, и в Юкле (близ Брюсселя), где температура 39,7 °C на 3,1 °C превысила предыдущий максимум (о воздействии см. в разделе «Экстремальная жара и здоровье»).

Япония пережила две волны тепла, каждая из которых была примечательна по-своему. Первая волна пришла в конце мая с необычайно высокими, вплоть до 39,5 °C, температурами (повторив рекорд температур в истории наблюдений для всех времен года на острове Хоккайдо), но с ограниченным воздействием. Вторая волна в июле была менее необычной в метеорологическом смысле, но имела гораздо большее воздействие на здоровье, поскольку произошла в разгар лета и затронула более густонаселенный район Хонсю.

В Австралии стояло исключительно жаркое лето 2018/19 года. Средняя летняя температура

⁴⁵ http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcas/documents/WMO_ENSO_May19_Eng.pdf

превысила предыдущий рекорд почти на 1 °С, а январь стал самым жарким месяцем в Австралии за историю наблюдений. Была затронута большая часть страны, причем наиболее экстремальные аномалии наблюдались во внутренних районах Нового Южного Уэльса. Жара была наиболее примечательна своей продолжительностью, но кроме того отмечались и значительные отдельные экстремальные явления, в том числе 46,6 °С в Аделаиде 24 января — самая высокая температура в городе за всю историю наблюдений. В конце января жара распространилась на Новую Зеландию, где рекордные отметки были зафиксированы 29 января в Гамильтоне (32,9 °С) и Веллингтоне (30,3 °С), и вызвала значительные лесные пожары в северной части Южного острова. В декабре снова наблюдались экстремально высокие температуры. Декабрь в Австралии был самым жарким за историю наблюдений и включал в себя самый жаркий усредненный по району день из наблюдавшихся (41,9 °С 18 декабря), в то время как в Нулларбор Роудхаус 19 декабря температура достигла 49,9 °С, что стало самой высокой температурой в Австралии с 1998 года. В общей сложности на 2019 год пришлось семь самых жарких дней за историю наблюдений в Австралии и девять из десяти самых жарких.



Еще одна крупная летняя волна тепла в южном полушарии наблюдалась в конце января — начале февраля в южной части Южной Америки. Начальная стадия волны тепла достигла пика в центральной части Чили, где были установлены рекорды в ряде мест, в том числе в Сантьяго (38,3 °С 27 января). Неделей позже исключительно высокие температуры охватили крайний юг континента. Считается, что Рио-Гранде (Аргентина, 53,8 ° ю. ш.), где 4 февраля была зафиксирована температура 30,8 °С, стал самой южной точкой с температурой 30 °С.

Хотя абсолютные максимальные температуры на Ближнем Востоке были не такими высокими, как некоторые из наблюдавшихся в последние годы, ряд из них заслуживают внимания. 49,9 °С 17 июля в Седоме стали самой высокой температурой в Израиле по меньшей мере с 1942 года. Экстремальная жара также затронула Индию в предмуссонный сезон в мае и начале июня. Был установлен ряд температурных рекордов, в том числе 48,0 °С, зафиксированные 10 июня в аэропорту Нью-Дели.

Экстремально холодная погода стояла реже, чем экстремальная жара, что представляется логичным в свете глобально теплого года и согласуется с общей тенденцией к потеплению. В 2019 году одним из районов с температурами ниже средних оказалась Северная Америка (рис. 2). Самое значительное похолодание за год пришло в конце зимы в центральную часть Северной Америки. Оно началось с сильной волны холода на Среднем Западе США в конце января, когда

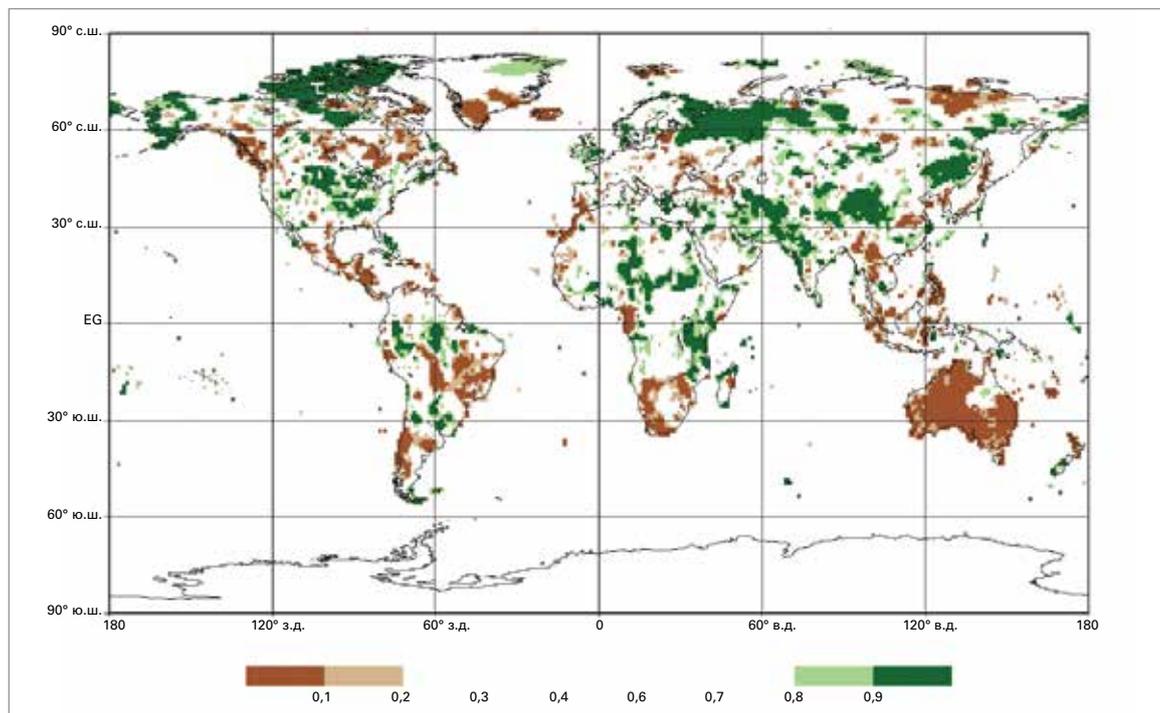
был поставлен рекорд штата Иллинойс, –38,9 °С в Маунт Кэрролл 31 января, вслед за чем в феврале и начале марта наступили затянувшиеся холода в западных внутриконтинентальных районах по обе стороны границы между США и Канадой. Средняя февральская температура в некоторых местах оказалась ниже нормы более чем на 15 °С, включая Грейт-Фоллс (штат Монтана), где среднемесячная температура была на 15,3 °С ниже нормы и более чем на 5 °С ниже предыдущего рекорда. Февраль также оказался самым холодным месяцем за историю наблюдений для нескольких регионов западной Канады, включая Ванкувер. Кроме того, первая половина года была достаточно холодной в некоторых районах восточной Канады.

В конце сентября и конце октября в западных и центральных внутренних районах Северной Америки наблюдались периоды несезонных холодов и ранних снегопадов. Рекордно низкие температуры были отмечены в восьми штатах на севере и западе США в конце октября, обеспечив резкий контраст с рекордно высокими температурами в десяти южных и восточных штатах в начале месяца. Сильные снегопады в середине октября, с высотой покрова до 74 см, вызвали серьезные перебои и отключение электроснабжения в Манитобе (Канада). Первая половина ноября также была необычайно холодной во многих областях на севере Соединенных Штатов и на юге Канады.

При температуре близкой к средней или выше средней крайне обильные зимние осадки и осадки в начале весны привели к образованию

Рисунок 16. Классификация самых высоких температур июня и июля 2019 года в сравнении с данными наблюдений, начавшихся в 1950 году. Темно-красным цветом указаны рекордные значения. (Источник: E-OBS dataset, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateofthecclimate/july2019.php>)

Рисунок 17. Годовое общее количество осадков в 2019 году, 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) лет 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 (ГЦКО), Deutscher Wetterdienst, Германия)



необычайно плотного снежного покрова во многих частях Европейских Альп. С 4 по 15 января в отдельных районах Австрийских Альп выпало более 300 см снега, в то время как весенние снегопады привели к рекордной для 1 июня высоте снежного покрова, 270 см, в районе Вайсфлухйоха (Швейцария, высота 2540 м), хотя в результате очень жаркой погоды в июне снег растаял к началу июля, близко к нормальному началу бесснежного периода. Обильные снегопады сопровождались многочисленными лавинами по всему региону.

ОСАДКИ

Необычно засушливые условия в сравнении с долгосрочными средними значениями (рис. 17) наблюдались в 2019 году в Австралии, западной Индонезии и близлежащих странах. Кроме того, на юге Африки, в Центральной Америке и в некоторых районах Южной Америки выпало аномально мало осадков. Обширные зоны с необычно большим количеством осадков наблюдались в центральных районах США, на севере Канады, в северной части России, в Юго Западной Азии, на севере Китая и в восточной части Африки.

В июне в Индии наблюдался большой дефицит осадков в связи с поздним наступлением муссона. Однако, ввиду положительной фазы ИОД, прекращение индийского муссона также произошло позже, и в последующие месяцы во всех регионах, кроме северо-востока, выпало избыточное

количество осадков. Кроме того, положительные аномалии осадков в восточных районах Африки и отрицательные аномалии на Малайском архипелаге и в Австралии связаны с положительной фазой ИОД, которая преобладала на протяжении большей части второй половины 2019 года.

Самый длительный период последовательных влажных дней (ПВД) в 2019 году был продолжительнее, чем в среднем⁴⁶, в тропической части Южной Америки, тропической части западной Африки, а также в тропических регионах юго-восточной Азии и на морском континенте. В 2019 году самый длительный период последовательных сухих дней (ПСД) длился дольше, чем обычно, в Австралии, в южной и западной частях Африки, в центральной и южной частях Южной Америки и в северной части Северной Америки. В юго-западной части Азии и на Аравийском полуострове, в юго-западной части Северной Америки и в регионе Северных Анд период последовательных сухих дней был короче, чем обычно. Количество дней интенсивных осадков (более 20 мм ежесуточных осадков, PD20) превысило долгосрочные средние значения в Индии, отдельных частях восточного региона Африки, некоторых частях Южной Америки, в центральной части Северной Америки и некоторых районах восточной Азии. Количество дней интенсивных осадков было меньше, чем обычно, на морском континенте, в центральных частях Африки и на Мадагаскаре, а также в некоторых местах тропической части Южной и Центральной Америки.

⁴⁶ Долгосрочные средние значения указанных показателей экстремальности относятся к периоду 1982—2016 гг. и рассчитаны следующим образом: сначала индекс экстремальности рассчитывается для каждого года этого 35-летнего периода, а затем в качестве долгосрочного среднего значения берется среднее значение этих 35 значений. Данное отклонение в определении долгосрочного среднего значения объясняется наличием надежных данных в узлах сетки.

СИЛЬНЫЕ ДОЖДИ И ПАВОДКИ

Наводнения регулярно происходили во время летнего сезона муссонов в Индии, особенно в ее западной и северной частях, а также в соседних странах. Общее количество осадков в Индии за летний сезон муссонов (июнь—сентябрь) на 10 % превысило средний показатель за 1961—2010 гг., таким образом, впервые с 2013 года, в 2019 году количество осадков было выше среднего, и он стал самым дождливым с 1994 года, несмотря на то, что в июне осадков выпало меньше среднего. Уход муссона также был исключительно поздним, причем дата его прекращения, 9 октября, стала самой поздней за историю наблюдений. Сообщалось о гибели более 2 200 человек во время различных наводнений, произошедших в течение сезона в Индии, Непале, Бангладеш и Мьянме. В июне вызванные муссоном наводнения в южных районах Китая повлекли за собой гибель 83 человек и принесли экономический ущерб на сумму более 2,5 млрд. долларов США⁴⁷.

Исламская Республика Иран серьезно пострадала от наводнения в конце марта — начале апреля, причем в наибольшей степени пострадал район Шираз. Суточное количество осадков во время этого явления достигало 188 мм. Сообщалось о гибели по меньшей мере 76 человек, а также о масштабных экономических потерях.

В конце января и начале февраля тропический циклон привел к выпадению экстремальных осадков и связанным с ними наводнениям на севере штата Квинсленд (Австралия). В некоторых прибрежных районах возле Таунсвилла общее количество дождевых осадков за 10 дневный период превысило 2000 мм, при этом в самом Таунсвилле выпало 1259,8 мм⁴⁸. Второй период проливных дождей во внутренних районах на северо-западе Квинсленда принес за семь дней более 600 мм осадков. В районе Таунсвилла произошло крупное затопление городских территорий, в то время как на северо-западе Квинсленда ширина поймы некоторых рек составила десятки километров. Наводнение и связанная с ним необычно прохладная погода привели к большим потерям поголовья домашнего скота. Общие экономические потери составили, по оценкам, порядка 2 млрд. долларов США⁴⁹.

В марте в индонезийской провинции Папуа в районе Джаяпура в результате быстро развивавшихся бурных паводков и связанных с ними оползней за 8 часов выпало 235 мм осадков и погибло по меньшей мере 112 человек.

Позднее, в конце марта, приток тропической влаги привел к выпадению экстремальных осадков на западном побережье Южного острова Новой Зеландии и установлению национального 48-часового рекорда в 1086 мм на реке Кроп с сопутствующими масштабными наводнениями. Мост на главной автомагистрали региона был смыт.

В конце 2018 года и в первой половине 2019 года от затяжных проливных дождей пострадала значительная часть центральных районов Соединенных Штатов Америки. Количество годовых осадков, усредненное по континентальной части США, за период с июля 2018 года по июнь 2019 года (962 мм) было самым большим за историю наблюдений. Это привело к продолжительному наводнению в бассейне Миссисипи, при этом река оставалась выше паводочного уровня в Батон-Руж (штат Луизиана) в течение почти семи месяцев с 6 января по 4 августа. Кроме того, в апреле и начале мая в восточной части Канады произошло значительное наводнение, вызванное проливными дождями в сочетании с быстрым таянием снежного покрова, высота которого превышала средние значения. В частности, были затронуты районы Оттавы и Монреаля, а также Нью-Брансуик; в регионе Оттавы было затоплено 6000 жилых домов. В 2019 году общий экономический ущерб от наводнений в США оценивался в 20 млрд. долл. США⁵⁰, при этом особенно острые эпизоды наблюдались на реке Миссури в марте и на реке Арканзас в конце мая — начале июня.

В январе в некоторых частях Южной Америки сложились крайне влажные условия. Северные районы Аргентины, Уругвай и южная часть Бразилии пострадали от крупного наводнения; потери в Аргентине и Уругвае оценивались в 2,5 млрд. долл. США. Среднемесячный объем осадков за январь в ряде мест на северо-востоке Аргентины превысил 600 мм.

Крупные паводки затронули в октябре и ноябре многие районы восточной части Африки, ранее страдавшие от засухи (см. «Тематическое исследование: сильные климатические потрясения ведут к ухудшению положения в области продовольственной безопасности и перемещению населения в районе Большого Африканского Рога в 2019 году»). В начале года произошедшие в сезон дождей наводнения затронули ряд стран, включая Судан, Нигерию, Камерун и Кот-д'Ивуар, хотя общий объем сезонных осадков в Сахеле был в основном довольно близок к среднему.

⁴⁷ Международная база данных о чрезвычайных ситуациях (EM-DAT), Центр исследований эпидемиологии стихийных бедствий (ЦИЭБ).

⁴⁸ <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs69.pdf>

⁴⁹ http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20191107_analytics-if-october-global-recap.pdf

⁵⁰ <https://www.ncdc.noaa.gov/billions/events/US/2019>

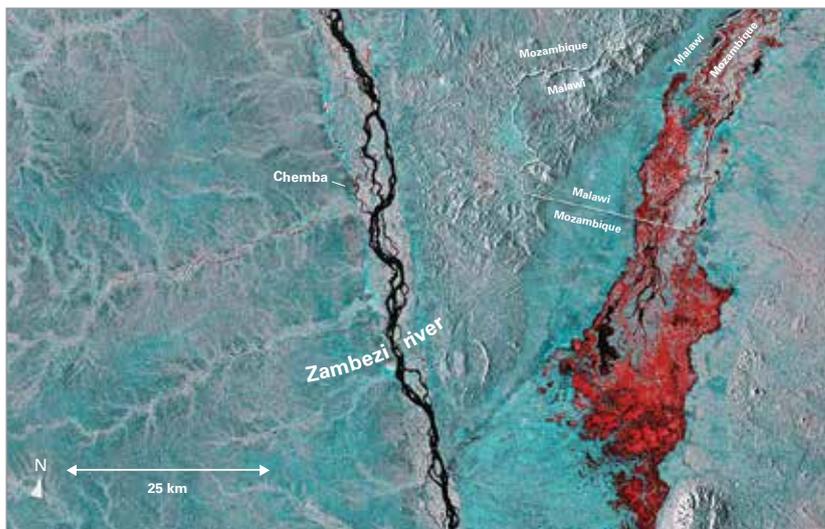


Рисунок 18. ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ

Наводнение, вызванное циклоном *Идай*. На снимке, сделанном спутником Сентинел-1 программы «Коперник», красным цветом показана часть наводнения к востоку от реки Замбези в Мозамбике и Малави. Снимок состоит из двух спутниковых съемок: от 2 марта до прихода циклона и от 20 марта после его отступления.

(«Коперник», https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/03/Flooding_following_Cyclone_Idai)

Активность тропических циклонов в глобальном масштабе в 2019 году была выше среднего уровня. В Северном полушарии было зарегистрировано 72 тропических циклона по сравнению со средним показателем 59, хотя аккумулированная энергия циклонов (АЭЦ) была лишь на 4 % выше среднего. 27 циклонов в южном полушарии в 2018—2019 гг. также представляют собой показатель выше среднего, став самым большим числом за сезон с 2008—2009 гг.

Особенно экстремальный сезон циклонов наблюдался в северной части Индийского океана. Три циклона достигли максимальной постоянной скорости ветра в 100 узлов и более, что наблюдалось впервые в течение одного сезона, а сезонная АЭЦ стала, с большим отрывом, самой высокой за историю наблюдений. Циклон *Фани* стал самым значительным из тех, что обрушились на Индию с 2013 года: он вышел на сушу 3 мая в восточной части побережья Одиши с максимальной постоянной скоростью ветра в 100 узлов, ранее достигнув пика в 135 узлов в Бенгальском заливе. Прибрежные районы понесли значительный ущерб и пережили гибель людей, хотя масштабная эвакуация в пострадавших прибрежных районах значительно уменьшила воздействие на человека. Октябрьский циклон *Кьярр* стал одним из самых сильных циклонов, наблюдавшихся в Аравийском море, при этом он не вышел на сушу, хотя связанные с ним высокие волны и штормовые нагоны оказали воздействие на побережье.

В южной части бассейна Индийского океана также был отмечен сезон с высокой активностью циклонов: всего 18, из которых 13 достигли

интенсивности ураганов, повторив зафиксированный в истории наблюдений рекорд. Тропический циклон *Идай* вышел на берег в районе Бейры (Мозамбик) 15 марта (рис. 18), достигнув максимальной постоянной скорости ветра в 105 узлов. Он стал одним из сильнейших известных циклонов, вышедших на берег на восточном побережье Африки. В прибрежных районах Мозамбика, особенно в городе Бейра, ветер и штормовые нагоны привели к широкомасштабным разрушениям, при этом сильные наводнения распространились на внутренние районы Мозамбика и некоторые районы Зимбабве, в частности, на его северо-восточную часть. В результате шторма погибло более 900 человек, таким образом циклон стал самым смертоносным из известных тропических циклонов в Южном полушарии по меньшей мере за последние 100 лет. Месяцем позже сильный циклон *Кеннет* вышел на берег в менее густонаселенном районе на севере Мозамбика, и его последствия были менее разрушительными.

Одним из самых интенсивных тропических циклонов в 2019 году был *Дориан*, который в конце августа достиг категории интенсивности 5 в западной части Атлантики. Он обрушился на Багамские острова 1 сентября с максимальной постоянной скоростью ветра в 165 узлов, повторив рекорд для циклона, выходящего на берег на североатлантическом побережье. Кроме того, *Дориан* продвигался исключительно медленно и оставался на Багамских островах практически стационарно на протяжении примерно 24 часов как система категории 5. Продолжительные экстремальные ветры и штормовые нагоны привели к почти полному разрушению ряда Багамских островов, в результате чего погибли по меньшей мере 60 человек, а экономические потери Багамских островов, согласно оценкам, превысили 3 млрд. долл. США^{51, 52}. Позже *Дориан* переместился на северо-восток, при этом значительный ущерб был нанесен некоторым районам восточного побережья США и канадской провинции Новая Шотландия. Тропический шторм *Имельда* принес экстремальные осадки в некоторые районы дальневосточной части Техаса, также пострадавшие от урагана *Харви* в 2017 году, с общим количеством осадков, местами превышавшим 1000 мм. Оцененный ущерб составил 5 млрд. долл. США. Количество циклонов в Северной Атлантике было значительно выше среднего, но количество, достигшее интенсивности ураганов, было близко к норме.

12 октября к западу от Токио вышел на берег тайфун *Хагибис* с атмосферным давлением в центре 955 гПа. Основными последствиями *Хагибиса* стали наводнения, вызванные выпадением экстремальных осадков. В Хаконе, в предгорьях Фудзи, суточное

⁵¹ <https://reliefweb.int/report/bahamas/hurricane-dorian-situation-report-14-october-15-2019>

⁵² <https://www.iadb.org/en/damages-and-other-impacts-bahamas-hurricane-dorian-estimated-34-billion-report>

количество осадков составило 922,5 мм, что является самым высоким показателем за один календарный день в Японии, а во многих других местах к западу от Токио суточный показатель превышал 400 мм. Сообщалось о как минимум 96 погибших. В сентябре Тайфун *Факсаи* привел к серьезным разрушениям в префектуре Чиба. Ранее в этом сезоне тайфун *Лекима*, выйдя на берег в китайской провинции Чжэцзян, привел к большим наводнениям и причинил тяжелый экономический ущерб. Максимальная скорость ветра при выходе на берег составляла 185 км/ч, что делает этот циклон пятым по силе из числа вышедших на берег в Китае с 1949 года. В целом активность как в северо-восточном, так и в северо-западном бассейнах Тихого океана была близка к средней.

СИЛЬНЫЕ ШТОРМЫ

Внетропические системы неоднократно оказывали воздействие на регион Средиземноморья в течение осени, принося с собой экстремальные осадки и сильные ветры, которые вели к значительному ущербу. Самые суровые явления затронули в середине сентября часть Испании, в частности регионы Аликанте и Мурсия, юг Франции в середине октября и север Адриатики в середине ноября. Явления, коснувшиеся Испании и Франции, принесли с собой осадки, суточный объем которых местами превышал 200 мм, в то время как штормовой нагон, связанный с ноябрьским штормом, привел к повышению уровня воды в Венеции до 1,85 м, что является самым высоким показателем с 1966 года и вторым по величине в истории инструментальных наблюдений. Регулярные наводнения происходили в Италии в ноябре, который стал самым влажным месяцем за историю наблюдений в регионе Эмилия-Романья, в то время как на юге Австрии также сообщалось о значительных наводнениях и ущербе от воздействия ветра. Летом в Средиземноморском регионе также прошло несколько сильных гроз, в том числе в Салониках (Греция) 10–11 июля, когда погибло семь человек, и на Корсике (Франция) 15 июля, когда за шесть минут выпало 30 мм дождевых осадков.

В середине апреля на Пакистан, а также северную и западную Индию обрушились масштабные сильные грозы и связанные с ними пыльные бури. Сообщалось о гибели по меньшей мере 50 человек 16–17 апреля в Индии и 39 — в Пакистане. Еще 60 человек погибли от дальнейших сильных гроз на севере Индии в первой половине июня.

В Соединенных Штатах был отмечен самый активный сезон торнадо с 2011 года. Особенно высокая активность наблюдалась в мае, когда было зарегистрировано 556 торнадо, что стало вторым по величине показателем за историю наблюдений за любой отдельно взятый месяц. Однако в течение года лишь один торнадо достиг интенсивности EF-4, а число жертв было значительно ниже многолетнего среднего уровня.

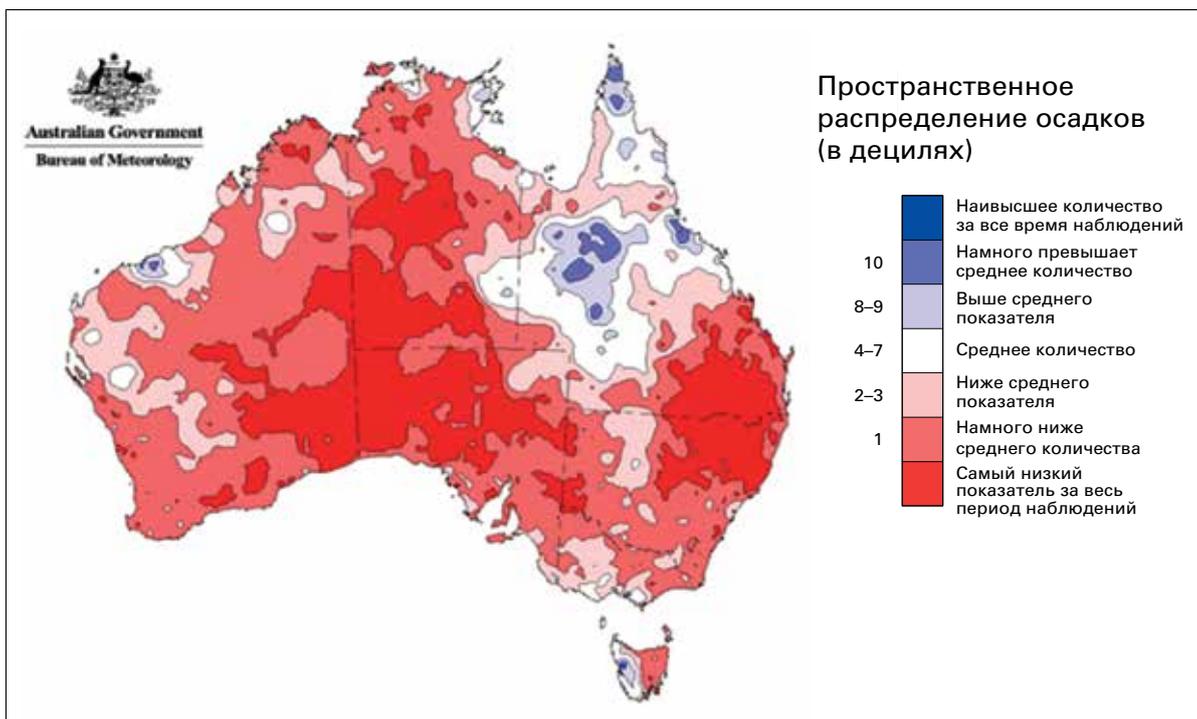
ЗАСУХА

В 2019 году засуха затронула многие районы юго-восточной Азии и юго-западной части Тихого океана, что в ряде случаев объяснялось сильной положительной фазой ИОД. Исключительно сухие условия преобладали с середины года в Индонезии и соседних странах; в Сингапуре рекордно сухой период стоял с июля по сентябрь.

Далее к северу, во многих частях бассейна реки Меконг, в этот год наблюдалась сильная засуха. Наиболее пострадавшие районы находились вблизи границы между Китаем и Лаосом, где местами количество дождевых осадков за период с апреля по сентябрь было по меньшей мере на 50 % ниже нормы, хотя сильные дожди в центральной и южной частях Лаоса, прошедшие в сентябре, смягчили сложившиеся там засушливые условия. Количество осадков в китайской провинции Юньнань в период с апреля по июль стало наименьшим с 1961 года. Также аномально сухая погода наблюдалась в некоторых частях северного Таиланда: с января по сентябрь в Чианграе осадков выпало на 42 % ниже нормы. Во второй половине 2019 года уровень воды в реке Меконг в нескольких местах понизился до рекордного минимума за последние 30 лет.

Длительная засуха, которая в 2017 и 2018 годах установилась во многих частях внутриматериковой восточной Австралии, расширилась и усилилась в 2019 году, особенно во второй его половине, когда отмечались самые сухие за историю наблюдений весна (ноябрь и декабрь). Наиболее пострадавшие районы находятся в северной части Нового Южного Уэльса и прилегающих пограничных районах Квинсленда, где годовое количество осадков было самым низким за всю историю наблюдений и на 70–80 % ниже среднего. В некоторых районах выпало лишь около половины прежнего минимума осадков. На большей части страны количество выпавших осадков было значительно меньше среднего (рис. 19), и единственными районами со значениями, превысившими средние, были районы северного Квинсленда, пострадавшие от наводнений в начале 2019 года, и часть западной Тасмании. Влажный сезон 2018–2019 гг. (октябрь–апрель) также стал самым сухим с 1991–1992 гг. в тропических районах Западной Австралии и на Северной территории; он характеризовался практически полным отсутствием осадков в центральной части континента. Год стал самым засушливым за всю историю наблюдений для всей Австралии, для бассейна рек Муррей и Дарлинг, а также для штатов Южной Австралии (где суммарная годовая величина на станции Марри составила всего 12 мм) и Нового Южного Уэльса. Засуха привела к острой нехватке воды в реках северной части бассейна Муррей и Дарлинг, что нанесло большой ущерб сельскому хозяйству и привело к тому, что некоторые города, после пересыхания своих обычных источников, были вынуждены использовать привозную воду.

Рисунок 19. Количество осадков на территории Австралии в децилях за период с 1 января 2019 года по 31 декабря 2019 года (распределение основано на данных в узлах сетки). (Источник: Австралийское бюро метеорологии)



МОНИТОРИНГ ЗАСУХ В АВСТРАЛИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКЦИИ ПОКАЗАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА ВМО ПО КОСМИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Юрий Кулешов, Линетт Беттио, Такудзи Кубота, Томоко Тасима, Пингпинг Се, Тосиюки Курино и Пеер Хехлер.

Признавая необходимость более эффективного использования и улучшения мониторинга экстремальных погодных и климатических явлений из космоса, ВМО приступила к осуществлению показательного проекта по космическому мониторингу экстремальных погодных и климатических явлений (ППКМЭ). Демонстрационная фаза проекта проходила в 2018–2019 годах и уделяла основное внимание мониторингу засухи и обильных осадков. Проект осуществлялся в Региональной ассоциации II и Региональной ассоциации V ВМО, при этом географический регион проекта охватывает регион Юго-Восточной Азии и западную часть Тихого океана с 40° с. ш. до 45° ю. ш.; от 50° в. д. до 160° з. д. Японское агентство аэрокосмических исследований (ДЖАКСА) и Центр климатических прогнозов Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (ЦКП/НУОА) предоставляют специализированные спутниковые данные и продукцию для региона ППКМЭ.

Данные о среднемесячных осадках в регионе, охваченном ППКМЭ, свидетельствуют о крайне низком уровне (менее 1 мм/день) на большей части Австралии в июне 2019 года. В большинстве районов Австралии в июне их выпало лишь 25–50 % от нормы. Дефицит осадков, накопленный за несколько последовательных месяцев, привел к засухе, классифицированной как «сильная» и «крайняя» (значения стандартизированного индекса осадков (СИО) ниже –1,5 и –2,0 соответственно).

Регулярное изучение результатов космических наблюдений и наблюдений *in situ* показало высокую степень согласованности в отношении бассейна рек Муррей и Дарлинг в юго-восточной части Австралии, где существует высокая плотность наземных наблюдений. Однако существуют заметные расхождения между спутниковыми наблюдениями и наблюдениями *in situ* в центральных частях континента, где плотность наземных наблюдений крайне низкая. Данный проект наглядно продемонстрировал ценность космической оценки количества осадков для обнаружения и мониторинга засух, особенно в тех регионах, где наблюдения с помощью осадкомеров ограничены или отсутствуют.

Во многих районах южной части Африки, включая центральную и западную части Южной Африки, Лесото, Ботсвану и Зимбабве, сезон дождей 2018—2019 гг. был скудным. Однако в марте сильные наводнения, вызванные циклоном *Идай*, обрушились на северо-восток Зимбабве, а в апреле от наводнений пострадала восточная часть Южной Африки, где, по сообщениям, в провинции Квазулу-Натал 70 человек погибли после того, как в некоторых местах выпало более 200 мм осадков. В начале сезона дождей 2019—2020 гг. на большей части юга Африки уровень осадков также был ниже среднего. Осадки во время сезона дождей в западной и центральной частях Африки к югу от Сахары были в целом близки к среднему уровню.

В 2019 году от засушливых условий пострадали многие регионы Центральной Америки. Уровень воды в озерах значительно опустился после того, как в первом полугодии количество дождевых осадков, выпавших в Панаме, оказалось ниже среднего, что привело к ограничениям судоходства в Панамском канале. Хотя с середины года условия в Панаме улучшились, в районах, простирающихся далее на северо-запад, включая Гондурас, Гватемалу, Никарагуа и Сальвадор, они оставались значительно суше, чем обычно, вплоть до проливных дождей в октябре. В центральной части Чили также был исключительно засушливый год: в Сантьяго суммарная годовая величина осадков составила всего 82 мм, что на 25 % меньше долготелетнего среднего значения.

Второй раз подряд во многих частях Западной и Центральной Европы, от Франции до Украины, наблюдалось лето с продолжительными засушливыми периодами. В Париже, в период с 19 августа по 21 сентября, осадки отсутствовали 34 дня подряд, таким образом повторился второй по продолжительности сухой период из зарегистрированных; он последовал за засухой, стоявшей 27 дней с 21 июня по 17 июля (шестой по продолжительности). В начале осени низкий уровень воды в Дунае привел к нарушению работы речного транспорта в Сербии, а в Польше уровень воды в Висле достиг рекордно низких значений в конце сентября. Во многих частях западного Средиземноморья также наблюдалась сухая зима. Количество осадков, выпавших в Испании с января по август, было на 23 % ниже среднего, при этом наблюдался самый сухой февраль XXI века, в то время как зимние осадки на большей части территории Марокко составляли менее половины от многолетних средних значений. В Исландии поздняя весна и начало лета были особенно сухими на юге и западе. В Стиккисхоульмюре осадки отсутствовали в течение 37 дней, с 21 мая по 26 июня, что стало самой продолжительной засухой, зафиксированной во временных рядах станции, начиная с 1856 года.

СТИХИЙНЫЕ ПОЖАРЫ

В 2019 году стихийные пожары, обычно являющиеся следствием аномально сухих и/или теплых условий, вновь затронули многие регионы мира. Их активность была ниже, чем в последние годы в некоторых известных районах стихийных пожаров, таких как, например, западная часть Северной Америки, однако крупные пожары в Калифорнии в октябре все же вызвали значительный ущерб. С другой стороны, в ряде высокоширотных регионов, включая Сибирь (Российская Федерация) и Аляску (США), активность пожаров была выше среднего уровня, при этом она наблюдалась в некоторых частях Арктики, где ранее отмечалась крайне редко. В 2019 году уровень выбросов CO₂ от летних лесных пожаров в Арктике был самым высоким за 17-летний период наблюдений Службы мониторинга атмосферы в рамках программы «Коперник» (СМАК)/Глобальной системы ассимиляции данных о пожарах ЕЦСПП (GFASv1.2).

В конце 2019 года в Австралии наблюдался исключительно затяжной и суровый сезон пожаров, сопровождавшийся неоднократными крупными вспышками. В начале сентября на северо-востоке Нового Южного Уэльса и в южной части Квинсленда начались сильные пожары, которые в последующие месяцы постепенно распространились на юг, чему способствовали крайне сухие условия, несколько эпизодов сильного западного ветра и экстремальная жара. Месячный накопленный индекс лесной пожароопасности, показатель суровой погоды, благоприятствующей возникновению лесных пожаров, в декабре стал самым высоким из наблюдавшихся за любой из месяцев в Квинсленде, Новом Южном Уэльсе, Южной Австралии и на Территории федеральной столицы Австралии. Многие отдельные пожары не утихали в течение двух и более месяцев. Пик пожаров пришелся на конец декабря и первые несколько дней января, вызвав обширные разрушения на юго-востоке Нового Южного Уэльса, особенно вблизи побережья, и в восточной части Виктории, а также вблизи Аделаиды и на острове Кенгуру в Южной Австралии. По состоянию на начало 2020 года погибшими числились 33 человека, сообщалось также о более чем 2000 случаях утраты имущества, а в Новом Южном Уэльсе и Виктории было сожжено в общей сложности около 7 миллионов гектаров земли. Ранее в 2019 году сухое лето в Тасмании способствовало многочисленным продолжительным пожарам, наблюдавшимся в январе и феврале в обычно более влажных западных и центральных частях острова. Второй раз за четыре года пожары затронули регионы, где исторически они были крайне редки.

Сильная засуха в Индонезии и соседних с ней странах привела к самому пожароопасному сезону с 2015 года, хотя пожары и связанное с ними дымовое загрязнение были не такими

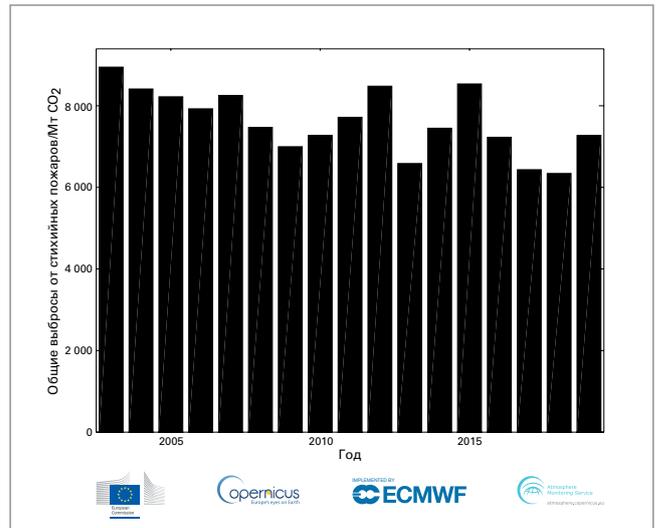
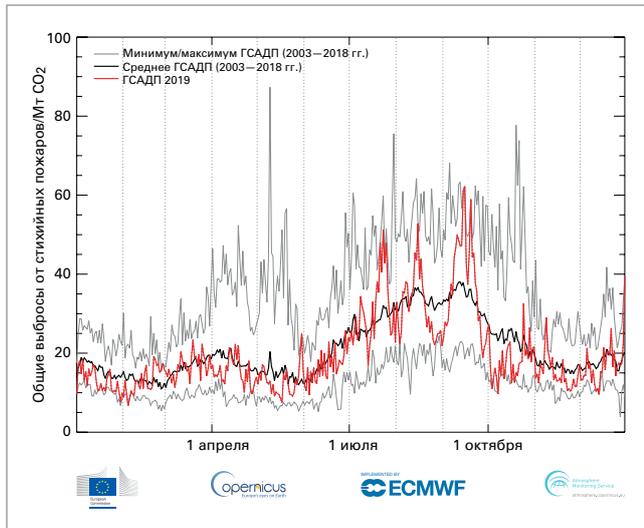


Рисунок 20.

Слева: общий объем глобальных суточных оценочных выбросов CO_2 в результате стихийных пожаров, в мегатоннах CO_2 , за период с 1 января по 31 декабря 2019 года, в сравнении со средними и минимальными/максимальными суточными значениями, рассчитанными за 2003—2018 годы. Справа: общий объем глобальных годовых оценочных выбросов CO_2 в результате стихийных пожаров, в мегатоннах CO_2 , за период с 2003 по 2019 год. Составлено на основе СМАК/Глобальной системы ассимиляции данных о пожарах ЕЦСПП (GFASv1.2).

сильными, как в 2015 году⁵³. Активность пожаров в бассейне реки Амазонки также была выше, чем в последние годы, особенно в августе, хотя и значительно ниже, чем в предыдущие годы суровой засухи (например, в 2010 году). Количество зарегистрированных пожаров в бразильской Амазонии лишь незначительно превышало средний показатель за десять лет, однако общая активность пожаров в Южной Америке была самой высокой с 2010 года, причем Боливия и Венесуэла вошли в число стран с наиболее активными пожарами⁵⁴.

В то время как в 2019 году во всем мире наблюдалась значительная региональная активность стихийных пожаров, глобальные суточные и годовые оценочные выбросы были близки к среднему показателю, рассчитанному за предыдущие 17 лет с использованием набора данных о пожарах ЕЦСПП (GFASv1.2). GFASv1.2 объединяет наблюдения за активными пожарами при помощи приборов MODIS, установленных на спутниках НАСА Terra и Aqua, для получения комплектов данных о среднесуточной энергии излучения от пожаров и оценочных данных о выбросах пирогенных

веществ, включая взвешенные частицы, химически активные газы и парниковые газы, за период с 1 января 2003 года и до момента подготовки настоящего документа.

Суточные общие выбросы CO_2 в результате стихийных пожаров в течение года (рис. 20, слева) в целом соответствовали среднему показателю за 2003—2018 годы с повышением активности, более 20 Мт CO_2 в день, в период с июня по октябрь, и с понижением активности, менее 20 Мт CO_2 в день, в течение остального времени. Наибольшее превышение 17-летнего среднего значения отмечено в июле, августе, сентябре и конце декабря, что соответствует пиковой активности лесных пожаров в Арктике, Сибири, Индонезии и Австралии, соответственно.

Глобальный общий объем выбросов CO_2 от стихийных пожаров за 2019 год (рис. 20, справа) был выше, чем в предыдущие два года, однако он оставался ниже, чем в большинство других лет, охваченных в наборе данных, что согласуется с общим снижением глобальной активности стихийных пожаров с 2003 года.

⁵³ <http://asmc.asean.org/asmc-haze-hotspot-annual-new#Hotspot>

⁵⁴ Информация ИНПЕ, Бразилия.

Связанные с климатом риски и воздействия

Риск связанных с климатом воздействий зависит от сложного взаимодействия между связанными с климатом опасностями и уязвимостью, подверженностью и адаптационной способностью антропогенных и естественных систем⁵⁵. При текущих уровнях глобальных выбросов парниковых газов мир продолжает идти по пути превышения согласованных температурных пороговых значений в 1,5 °C или 2 °C выше доиндустриальных уровней⁵⁶, что увеличит риск повсеместных последствий изменения климата, выходящих за масштабы уже наблюдаемых^{57,58}.

Связанные с климатом явления уже создают риски для общества, оказывая воздействие на здоровье, продовольственную и водную безопасность, а также на безопасность человека, средства к существованию, экономику, инфраструктуру и биоразнообразие. Изменение климата также имеет серьезные последствия для экосистемных услуг. Оно может повлиять на модели использования природных ресурсов, а также на распределение ресурсов по регионам и внутри стран.

ЗДОРОВЬЕ В ЗОНЕ ПОВЫШЕННОГО РИСКА

Воздействие на здоровье включает в себя заболевания и случаи смерти, связанные с жарой; травмы и гибель людей в результате сильных штормов и наводнений; случаи трансмиссивных заболеваний и заболеваний, передаваемых через воду; обострение сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний вследствие загрязнения воздуха, а также стресс и психические травмы, связанные с перемещениями, утратой средств к существованию и имущества.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЖАРА И ЗДОРОВЬЕ

Густонаселенные районы планеты все больше подвержены воздействию более теплых условий и испытывают на себе изменения средней летней температуры, превышающие глобальное среднее значение (рис. 21).

Условия экстремальной жары наносят все более тяжелый урон здоровью человека и системам

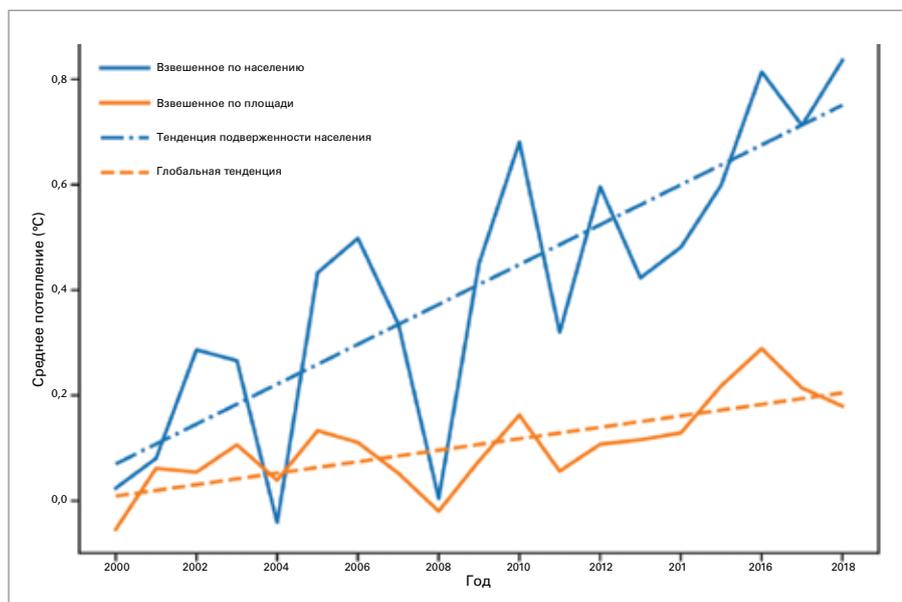


Рисунок 21.

Численность населения в сравнении со взвешенным по площади средним летним потеплением (июнь-август в Северном полушарии, декабрь-февраль в Южном полушарии), по отношению к среднему значению за 1986—2005 гг.⁵⁹.

⁵⁵ Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), 2019: *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People* (Ekins P., J. Gupta and P. Voileau, eds.), 745 pages. Cambridge, Cambridge University Press, doi 10.1017/9781108627146, <https://www.unenvironment.org/global-environment-outlook>.

⁵⁶ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2018: «Глобальное потепление на 1,5 °C». (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield, eds.). Geneva, <https://www.ipcc.ch/sr15/>.

⁵⁷ Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), 2019. *Emissions Gap Report 2019*. UNEP, Nairobi, Kenya. <http://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report>.

⁵⁸ Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), 2019. *Lessons from a Decade of Emission Gap Assessments*. (J. Christensen and A. Olhoff, eds). Nairobi.

⁵⁹ Watts, N. et al., 2019: The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, 394 (10211), pp. 1836-1878, [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(19\)32596-6/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(19)32596-6/fulltext)

здравоохранения. Еще более серьезное воздействие отмечается в местах, где экстремальная жара наблюдается в условиях старения населения, урбанизации, влияния городских островов тепла и неравенства в области здравоохранения⁶⁰. В 2018 году среди уязвимых лиц в возрасте старше 65 лет воздействию волн тепла подверглось на 220 млн. человек больше⁶¹, что представляет собой рекордное увеличение по сравнению со средним показателем для базового периода 1986—2005 годов и превышение предыдущего рекорда, установленного в 2015 году, на 11 млн. человек.

Рисунок 22. Изменения в глобальной способности переносить вирус для вирусных переносчиков *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* с 1950 года. Способность переносить вирус зависит от температуры и рассчитывается на основе исторических климатических данных.

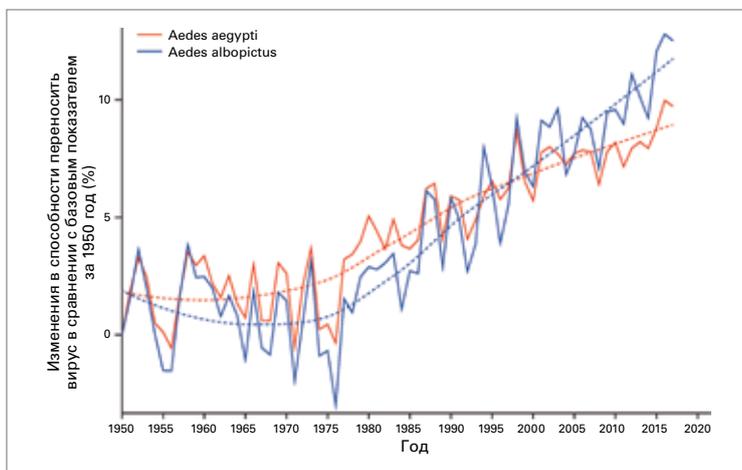
В 2019 году рекордно высокие температуры в Австралии, Индии, Японии и Европе отрицательно сказались на здоровье и благополучии людей. В Японии, куда сильная жара пришла в конце июля—начале августа 2019 года, более 100 человек погибли, а на систему здравоохранения легло большое бремя вследствие дополнительной госпитализации 18 000 человек. Европа оказалась затронута двумя масштабными волнами тепла летом 2019 года. В июне жара, охватившая юго-западную и центральную Европу, привела к ряду смертных случаев в Испании и Франции. Самая значительная волна тепла пришлась на конец июля, затронув большую часть Центральной и Западной Европы. В Нидерландах волна тепла повлекла за собой смерть 2 964 человек, что почти на 400 смертей больше, чем в среднем за любую

летнюю неделю⁶², в то время как в Англии отмечалось на 572 (от 390 до 754, доверительный интервал 95 %) смертей больше в сравнении с базовым уровнем общей смертности среди лиц старше 65 лет⁶³.

В континентальной части Франции в период с начала июня по середину сентября было зарегистрировано более 20 000 обращений за неотложной медицинской помощью, а также 5 700 вызовов врачей на дом по поводу заболеваний, связанных с жарой⁶⁴. В течение двух летних волн тепла в пострадавших регионах было зарегистрировано в общей сложности 1 462 дополнительных случая смерти (увеличение средней смертности на +9,2 % при диапазоне неопределенности от 548 до 2 221 дополнительного случая), что затронуло в основном лиц старше 75 лет, но коснулось и возрастных групп 15—44 и 65—74 лет. В регионах Франции, где наблюдалась экстремальная жара (например, красный уровень опасности), 572 зарегистрированных дополнительных случая смерти представляют собой 50-процентное увеличение ожидаемой смертности по сравнению с ситуацией, когда в этих регионах не наблюдалась бы волна тепла.

ТРАНСМИССИВНЫЕ БОЛЕЗНИ

Климатические условия, изменившиеся с 1950 года, облегчают распространение вируса денге комарами рода *Aedes*, увеличивая риск возникновения заболевания (рис. 22). Параллельно с этим в последние десятилетия число первичных заболеваний лихорадкой денге во всем мире резко возросло, и в настоящее время около половины населения мира находится под угрозой заражения⁶⁵. В 2019 году в мире произошло значительное увеличение количества случаев заболевания денге по сравнению с аналогичным периодом в 2018 году. На Американском континенте было выявлено более 2 800 000 предполагаемых и подтвержденных случаев заболевания лихорадкой денге и около 1 250 случаев смерти⁶⁶. 85 % из почти 1 050 000 случаев за три месяца с августа по октябрь были зарегистрированы Бразилией, Филиппинами, Мексикой, Никарагуа, Таиландом, Малайзией и Колумбией⁶⁷.



⁶⁰ Sera, F. et al., 2019: How urban characteristics affect vulnerability to heat and cold: a multi-country analysis. *International Journal of Epidemiology*, 48(4):1101-1112, doi: 10.1093/ije/dyz008, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30815699>.

⁶¹ Каждое воздействие волны тепла — это один человек старше 65 лет, затронутый волной тепла (определяемой как период от трех дней и более в конкретном месте, где минимальная дневная температура выше 99-го перцентиля распределения минимальной дневной температуры за летние месяцы 1986—2005 гг.)

⁶² <https://www.cbs.nl/en-gb/news/2019/32/more-deaths-during-recent-heat-wave>

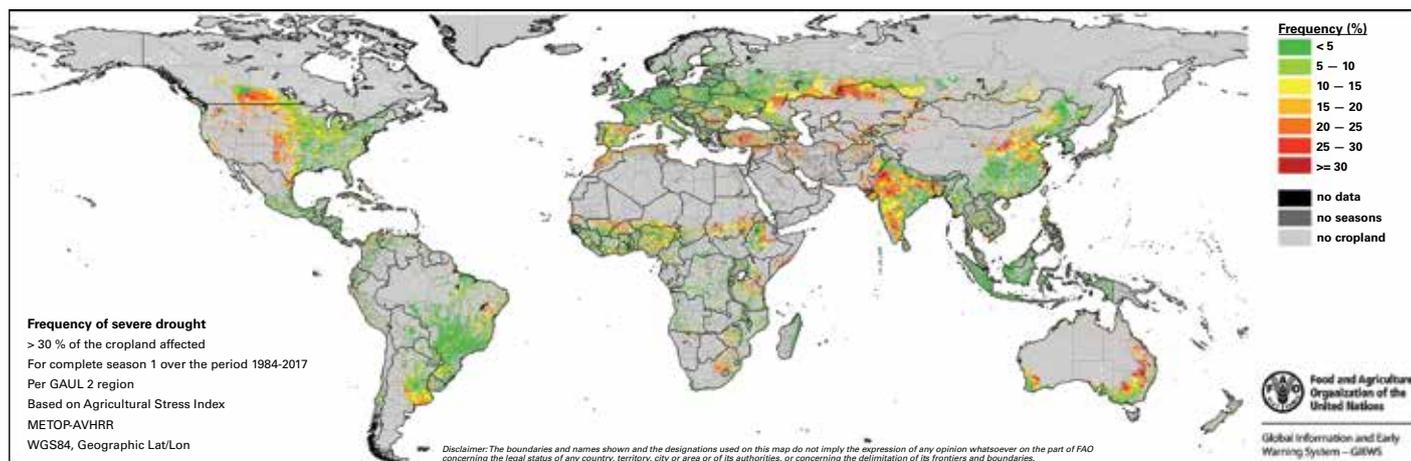
⁶³ <https://www.gov.uk/government/publications/phe-heatwave-mortality-monitoring>

⁶⁴ <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/climat/fortes-chaleurs-canicule/documents/bulletin-national/bulletin-de-sante-publique-canicule.-bilan-ete-2019>

⁶⁵ <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

⁶⁶ https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6306:2011-archive-diseases-dengue&Itemid=41184&lang=en

⁶⁷ <https://www.ecdc.europa.eu/en/dengue-monthly> (обновлено 22 ноября 2019 г.).



ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПРОДОЛЖАЮТ НЕГАТИВНО ВЛИЯТЬ НА ПРОДОВОЛЬСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ

Повышение глобальной температуры и изменение характера осадков уже оказали воздействие на экосистемы суши, такие как леса и луга, а также на сельскохозяйственные угодья и урожайность сельскохозяйственных культур⁶⁸. В период с 2006 по 2016 год на сельское хозяйство (сельскохозяйственные культуры, животноводство, лесное хозяйство, рыболовство и аквакультуру) в развивающихся странах, по оценкам, приходилось 26 % от общего объема потерь и ущерба, причиненных средние- и крупномасштабными стихийными бедствиями, связанными с климатом. В то время как около двух третей вреда и ущерба сельскохозяйственным культурам были связаны с наводнениями, почти 90 % потерь и ущерба в животноводстве были вызваны засухой⁶⁹ (рис. 23).

Помимо конфликтов, отсутствия безопасности и замедления темпов экономического роста и спадов, изменчивость климата и экстремальные погодные явления представляют собой ключевые факторы, стоящие за недавним ростом глобального голода, и являются одной

из главных причин глубоких кризисов. После десятилетия неуклонного сокращения масштабов голода число голодающих вновь растет: более 820 миллионов человек, или каждый девятый человек в мире, страдали от голода в 2018 году, согласно последним имеющимся глобальным данным (рис. 24). Наиболее острая ситуация сложилась в странах Африки к югу от Сахары, где в период 2015—2018 гг. число недоедающих людей увеличилось более чем на 23 миллиона, особенно в затронутых конфликтами странах. Среди 33 стран, переживших продовольственные кризисы в 2018 году, изменение климата и экстремальные погодные условия, наряду с экономическими потрясениями и конфликтами, стали фактором, усугубившим ситуацию в 26 странах и основным фактором в 12 из 26 стран⁷⁰. В свете этого перед мировым сообществом стоит сложнейшая задача по достижению цели «Ликвидация голода», поставленной к 2030 году в Повестке дня в области устойчивого развития.

В период с января по июнь 2019 года было зафиксировано более 6,7 миллионов новых внутренних перемещений населения по причине бедствий, вызванных такими гидрометеорологическими явлениями, как, например, циклон *Идай* в юго-восточной Африке, циклон *Фани* в Южной Азии, ураган *Дориан* в Карибском бассейне и наводнения в Иране, на Филиппинах и в Эфиопии, которые привели к возникновению острых гуманитарных нужд и потребности в защите⁷¹. По прогнозам, в 2019 году этот показатель должен был достичь

Рисунок 23.

Частота сильных засух в зонах выращивания зерновых культур земного шара, рассчитанная на основе данных дистанционного зондирования в период 1984—2017 гг.

(Источники: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), наблюдения Земли Глобальной системы информации и заблаговременного предупреждения по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ГСИЗППСх))

⁶⁸ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, eds.). Geneva, <https://www.ipcc.ch/srccl/>.

⁶⁹ The impact of disasters and crises on agriculture and food security 2017, FAO, 2018. См.: <http://www.fao.org/3/I8656EN/I8656en.pdf>.

⁷⁰ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Международный фонд сельскохозяйственного развития (МФСР), Детский фонд Организации Объединенных Наций (ЮНИСЕФ), Мировая продовольственная программа (МПП) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), 2019: *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019: Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Rome, FAO.

⁷¹ <http://www.internal-displacement.org/publications/internal-displacement-mid-year-figures-january-june-2019>

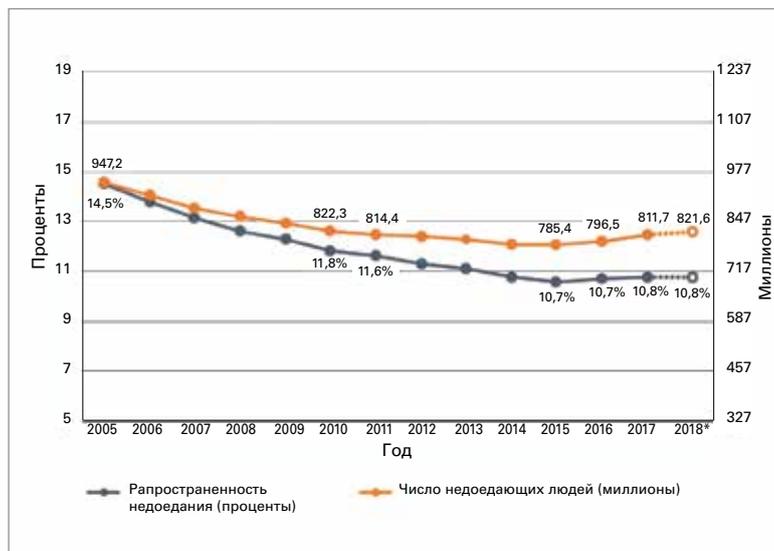


Рисунок 4. Растущее с 2015 года число недоедающих людей в мире. Значения за 2018 год являются проекциями, проиллюстрированными пунктирными линиями и незаштрихованными кружками. (Источник: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО))

почти 22 миллионов⁷², а в 2018 году составил 17,2 миллиона в 148 странах и территориях. Из всех опасных природных явлений наибольший вклад в перемещение населения, зарегистрированное в 2019 году, внесли наводнения и ураганы, опережающие по степени влияния засуху. Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев (УВКБ ООН) активно участвовало в обеспечении защиты и поддержки перемещенных в этом контексте лиц, в частности в Мозамбике после циклона *Идай*.

Влияние связанных с климатом явлений и стихийных бедствий на перемещения людей не везде одинаково. Азиатско-Тихоокеанский регион по-прежнему наиболее подвержен внезапным и медленно наступающим бедствиям. Например, в Бангладеш, второй из наиболее подверженных бедствиям стран региона, более 2 миллионов человек были эвакуированы в связи с циклоном *Бульбуль* в ноябре 2019 года, а в Китае более 2 миллионов человек было эвакуировано в августе 2019 года в связи с тайфуном *Лекима*. Латинская Америка и Карибский бассейн также были сильно затронуты связанными с климатом явлениями и другими опасностями, такими как извержения вулканов и землетрясения, что привело к росту числа перемещенных лиц. Так, около 70 000 человек стали бездомными на Багамских островах в сентябре 2019 года после урагана *Дориан*, и более 42 000 человек были вынуждены покинуть свои дома в штате Амазонас

в Бразилии в июне 2019 года из-за наводнения. Миллионы людей в районе Африканского Рога и в Западной Африке также пострадали от наводнений.

Сегодня беженцы зачастую проживают в климатических «горячих точках», где на них обрушиваются и оказывают воздействие медленно и внезапно начинающиеся бедствия, которые могут привести и к вторичному перемещению. Например, сотни тысяч беженцев из числа рохинджа, которые бежали в Бангладеш и в настоящее время проживают в Кутупалонге, регулярно подвергаются воздействию штормов, ливневых дождей и оползней. В период с января по ноябрь 2019 года лагеря в этом районе страдали от наводнений, оползней и сильных ветров. В этой связи Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев и его партнеры определили в качестве приоритета обеспечение готовности к сезону муссонов, включая строительство подпорных стен на склонах холмов, дренажных сооружений, дорог и мостов. Плохое качество строений и проживание в опасных зонах привели к тому, что из населения, составляющего почти 945 000 человек, более 84 000 человек пострадали⁷³.

Хотя большинство перемещений, вызванных стихийными бедствиями и климатом, относятся к внутренним, имеют место и трансграничные перемещения, которые могут быть сопряжены с ситуациями конфликта или насилия⁷⁴. Усугубляющаяся ситуация с засухой и насилием в Сомали вынудила тысячи людей бежать в Эфиопию, страну, которая также сталкивается с негативными последствиями климатических явлений. В регионе озера Чад наблюдаются опустынивание и обезлесение, связанные с высыханием озера Чад, экстремальные климатические явления, рост численности населения и нерегулируемое орошение. Все эти факторы, в дополнение к насилию, которое заставило миллионы людей покинуть свои дома в Чаде, Камеруне, Нигерии и Нигере, усугубляют проблему вынужденного перемещения, в том числе беженцев, через границы⁷⁵.

В Южной Африке, куда сезонные дожди пришли с задержкой, наблюдались продолжительные засушливые периоды. В мае 2019 года Намибия объявила чрезвычайное положение в связи с

⁷² Центр наблюдения за процессами внутреннего перемещения лиц (ЦНВП), <http://www.internal-displacement.org/>.

⁷³ <http://iom.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=1eec7ad29df742938b6470d77c26575a>

⁷⁴ Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев (УВКБ ООН), <https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>.

⁷⁵ Центр наблюдения за процессами внутреннего перемещения лиц (ЦНВП), <https://www.internal-displacement.org/expert-opinion/looking-be-yond-boko-haram-in-the-lake-chad-region;УВКБ ООН, https://www.unhcr.org/news/stories/2019/10/5da5e18c4/climate-change-and-displacement.html>.

установившейся засухой⁷⁶. Прогнозируется, что производство зерновых в регионе будет примерно на 8 % ниже среднего пятилетнего уровня, при этом ожидается, что до марта 2020 года 12,5 миллионов человек в регионе будут испытывать острую нехватку продовольствия, что более чем на 10 % превышает показатель за прошлый год.

Положение в области продовольственной безопасности ухудшается в ряде районов Эфиопии, Сомали, Кении и Уганды из-за скудного длинного сезона дождей «гу», который последовал за коротким сезоном дождей «дер» 2018 года с количеством осадков ниже среднего. Кроме того, в период с октября по январь 2020 года регион столкнулся с масштабными наводнениями, от которых пострадали 3,4 миллиона человек⁷⁷.

В марте 2019 года тропический циклон *Идай* способствовал полному уничтожению почти 780 000 га посевов в Малави, Мозамбике и Зимбабве, что еще больше подорвало и без того непрочную продовольственную безопасность в регионе⁷⁸. В результате этого циклона по меньшей мере 50 905 человек стали перемещенными лицами в Зимбабве⁷⁹, 53 237 — на юге Малави⁸⁰ и 77 019 — в Мозамбике⁸¹. Несколько недель спустя на Мозамбик обрушился циклон *Кеннет*, который внес свой вклад в увеличение числа внутренне перемещенных лиц, сосредоточенных главным образом в районах Бейра и Келимане, до 88 381⁸².

На протяжении всего 2019 года в Южном Судане сохранялся острый дефицит продовольствия: по оценкам, в период с сентября по декабрь в стране насчитывалось 4,54 миллиона человек, испытывающих острую нехватку продовольствия. Однако фактическое число людей, которым не хватает продовольствия, скорее всего, будет значительно выше, чем прогнозировалось в подготовленной в августе оценке, поскольку

в сентябре и октябре масштабные наводнения затронули около 900 000 человек и привели к значительному ущербу для урожая и поголовья скота⁸³.

В марте 2019 года быстроразвивающиеся паводки, которые последовали в Афганистане после сильной засухи с апреля по октябрь 2018 года, привели в некоторых частях страны к самым сильным за последние десять лет наводнениям. 13,5 миллионов человек испытывают нехватку продовольствия, при этом 22 из 34 провинций все еще оправляются от сильной засухи 2018 года, которая уже привела к перемещению 32 515 человек только в Герате⁸⁴. Ситуация является особенно тяжелой ввиду деградации почв, затронувшей, по оценкам, 80 % почв в стране после нескольких лет, характеризовавшихся засушливыми условиями⁸⁵.

В первой половине 2019 года в Корейской Народно-Демократической Республике, после двух подряд лет засухи и нестабильных погодных режимов, сохранялась засушливая погода. В среднем с января по март 2019 года в стране выпало всего 56,3 мм осадков, что является самым низким показателем в истории наблюдений с 1917 года. Около 10 миллионов человек срочно нуждаются в продовольственной помощи⁸⁶.

В 2019 году более сухие, чем обычно, условия в «Сухом коридоре» Центральной Америки и Карибского бассейна привели к лесным пожарам на севере Гватемалы и в Гондурасе, что негативно отразилось на развитии сельскохозяйственных культур, а также способствовало высыханию некоторых рек в Гондурасе. После того, как в период с мая по август 2019 года осадков выпало меньше нормы, около 50 000 семей в Гватемале потеряли практически 80 % своего производства кукурузы. Значительные потери урожая (до 70 % и 50 % для кукурузы и бобовых культур,

⁷⁶ *AfricaNews*, 6 мая 2019: “Namibia declares national state of emergency over drought”, <https://www.africanews.com/2019/05/06/namibia-declares-national-state-of-emergency-over-drought/>.

⁷⁷ <https://reliefweb.int/report/south-sudan/eastern-africa-region-regional-floods-and-locust-outbreak-snapshot-january-2020>

⁷⁸ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (July-September 2019). <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5445en/>.

⁷⁹ Международная организация по миграции (МОМ), <https://displacement.iom.int/reports/zimbabwe-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-baseline-assessment-round-1-3-27-april-2019>.

⁸⁰ МОМ, <https://displacement.iom.int/reports/malawi-%E2%80%94-tropical-cyclone-idai-multi-sectoral-location-assessments-11-april-2019>.

⁸¹ МОМ, <https://displacement.iom.int/reports/mozambique-%E2%80%94-cyclone-idai-response-situation-report-%E2%80%94-round-10-october-2019>.

⁸² МОМ, <https://displacement.iom.int/mozambique>.

⁸³ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), <http://www.fao.org/3/ca7236en/ca7236en.pdf>.

⁸⁴ МОМ, <https://displacement.iom.int/reports/afghanistan-%E2%80%94-drought-response-situation-report-26-april-2019>.

⁸⁵ ФАО, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (April-June 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1190473/>.

⁸⁶ ФАО, 2019: *Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture* (July-September 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

соответственно) также были зарегистрированы в Гондурасе в аналогичных засушливых условиях. В сентябре 2019 года правительство объявило чрезвычайное положение в связи с потерей основных сельскохозяйственных культур, в результате чего продовольственная безопасность более 100 000 человек оказалась под угрозой. По оценкам, в Сальвадоре более 70 000 домашних хозяйств страдают от нехватки продовольствия и безопасной питьевой воды⁸⁷.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ КАК УГРОЗА МОРСКОЙ ФЛОРЕ И ФАУНЕ И БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ

Основная нагрузка на живые морские ресурсы ложится в виде чрезмерной эксплуатации, загрязнения морской среды в результате деятельности, осуществляемой на суше, и изменения климата⁸⁸. Коралловые рифы представляют собой морскую экосистему, которой в наибольшей степени угрожают связанные с климатом изменения в океане, в частности потепление и закисление океана^{89,90}. Прогнозируется, что при потеплении на 1,5 °C площадь коралловых рифов сократится до 10–30 % от прежней, а при потеплении на 2 °C — до менее 1 %⁹¹. Закисление океана может оказывать негативное воздействие и на другие морские системы, включая мидиевые банки и некоторые места скопления макроводорослей. Рыбный промысел также подвергается воздействию изменения климата⁹². Поскольку в результате глобального потепления меняются профили температуры и солености воды, изменения в распространении и продуктивности важных промысловых видов отражаются в изменениях распространения уловов.

Долгосрочный мониторинг Большого Барьерного рифа (ББР) показал, что твердый коралловый покров несколько увеличился с 11 % в 2017 г. до 14 % в 2019 г. в северной части ББР (рис. 25).

Однако эти значения остаются близкими к самым низким уровням, зафиксированным в рамках долгосрочной программы мониторинга Австралийского института морских наук (AIMS-LTMP) с 1985 года, в связи с кумулятивным воздействием циклонов и двух эпизодов сильного обесцвечивания кораллов в период 2014–2019 годов⁹³. На сегодняшний день восстановление носит ограниченный характер. Сильный тропический циклон *Дебби* в 2017 году и продолжающееся распространение на юг морских звезд «терновый венец» способствовали дальнейшему сокращению кораллового покрова рифов в центральной части ББР. Средний твердый коралловый покров несколько снизился: с 14 % в 2018 году до 12 % в 2019 году. В целом, средний коралловый покров на рифах южной части ББР продолжал снижаться, хотя и незначительно, с 25 % в 2018 году до 24 % в 2019 году⁹⁴.

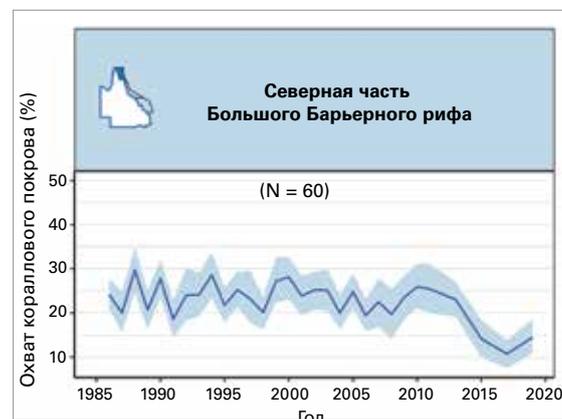


Рисунок 25. Тенденции изменения среднего твердого кораллового покрова в северной части Большого Барьерного рифа (ББР) к июню 2019 года по данным обследований с использованием буксировочных досок для подводного плавания. N указывает количество охваченных анализом рифов; голубая штриховка представляет собой 95 % доверительный интервал. Следует отметить, что многие рифы в этом регионе не включались в регулярные обследования и что не все прибрежные рифы можно было обследовать в 2019 г. (Источник: Австралийский институт морских наук (AIMS))⁹⁴

⁸⁷ Там же.

⁸⁸ Salem, H.S., 2011: Social, environmental and security impacts of climate change on the eastern Mediterranean. In: Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security: Threats, Challenges, Vulnerabilities and Risks (Brauch, H.S., Spring, U.O., Mesjasz, C., Grin, J., Kameri-Mbote, P., Chourou, B., Dunay, P., Birkmann, J., eds.). Springer, 421-445.

⁸⁹ Gattuso, J.P. et al., 2015: Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO2 emissions scenarios. *Science*, 349(6243), doi:10.1126/science.aac4722.

⁹⁰ Albright, R. et al., 2018: Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, 555, 516–519, doi:10.1038/nature25968.

⁹¹ Межправительственная платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам (МПБЭУ), 2019: Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services – Summary for Policymakers. Bonn, <https://ipbes.net/global-assessment>.

⁹² Ripple, W. et al., 2019: World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 70(1), <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>.

⁹³ Австралийский институт морских наук (AIMS), 2019: Long-term Reef Monitoring Program - Annual Summary Report on coral reef condition for 2018/19, доступно по ссылке <https://www.aims.gov.au/reef-monitoring/gbr-condition-summary-2018-2019>.

⁹⁴ Там же.

ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ:

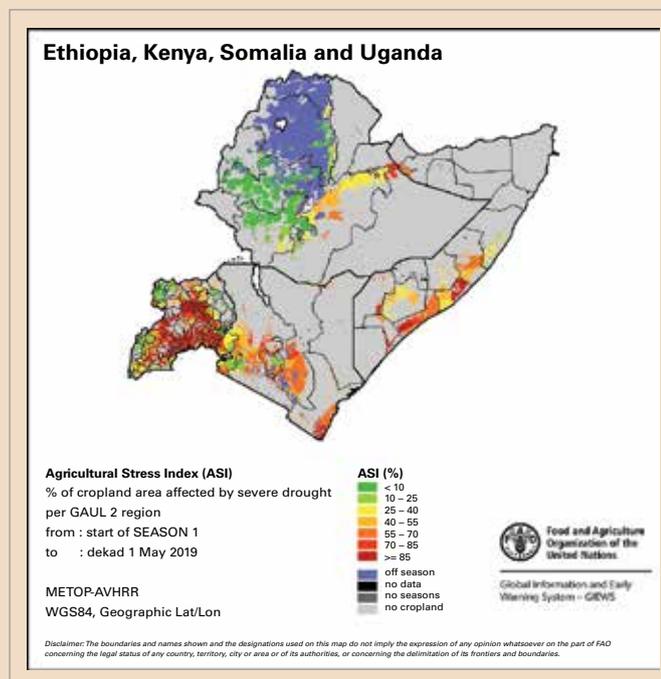
Сильные климатические потрясения ведут к ухудшению положения в области продовольственной безопасности и перемещению населения в районе Большого Африканского Рога в 2019 году

Алессандро Костантино, Сара Граф и Оскар Рохас, ФАО.

В 2019 году положение в области продовольственной безопасности в некоторых странах Большого Африканского Рога заметно ухудшилось из-за экстремальных климатических условий, перемещения населения, конфликтов и насилия. Так, например, в Сомали и Кении в период с конца 2018 года по конец 2019 года число людей, страдающих от отсутствия продовольственной безопасности, увеличилось с 1,6 до 2,1 миллиона человек и с 0,7 до 3,1 миллиона человек соответственно. По некоторым оценкам, к концу 2019 года около 22,2 млн. человек (6,7 млн. в Эфиопии, 3,1 млн. в Кении, 2,1 млн. в Сомали, 4,5 млн. в Южном Судане⁹⁵, 5,8 млн. в Судане) испытывали острую нехватку продовольствия⁹⁶, что лишь незначительно меньше, чем во время сильной и продолжительной засухи 2016/17 годов⁹⁷.

В течение марта и первых двадцати дней апреля на большей части Африканского Рога преобладала исключительная засушливость, при этом суммарные осадки, по оценкам, были примерно на 80 % ниже среднего уровня⁹⁸. Неблагоприятные погодные условия, которые в некоторых районах вошли в число самых засушливых за историю наблюдений, повлияли на ряд возделываемых земель с уменьшением посевных площадей и урожайности (см. рис. 26). Нашествие кукурузной листовой совки в подобных сухих условиях привело к дальнейшему снижению урожайности.

Количество осадков, превысившее средний уровень в конце апреля и в мае, уменьшило дефицит влаги и улучшило состояние растительности. Сильные ливни также снизили уровень заражения кукурузной листовой совкой, однако в некоторых районах ущерб урожаю стал практически необратим. Наиболее резкое сокращение производства отмечалось в Сомали и на юго-востоке Кении, где дефицит осадков был более значительным, а сезон дождей короче, чем в других странах региона. В Сомали в 2019 году урожай после дождей «гу» был самым низким с 1995 года и примерно на 60 % ниже среднего показателя за предыдущие пять лет. Производство



кукурузы, по оценкам, было на 50—60 % ниже среднего уровня в агроскотоподческих и маргинализированных сельскохозяйственных районах центральной, юго-восточной и прибрежной Кении. Исключительно засушливые условия в пастбищных районах в марте и апреле, особенно в центральных и северных районах Сомали, юго-восточной части Эфиопии и на большей части Кении, привели к сильной потере живого веса и увеличению смертности скота, а также к резкому снижению производства молока⁹⁹. В конце 2019 года на большинстве рынков Кении, Уганды, Сомали и Эфиопии отмечались крайне высокие цены на зерно: они были в два раза выше, чем годом ранее, что ограничивало доступ к продовольствию для широких слоев населения¹⁰⁰.

Короткий сезон дождей «дер» в октябре-декабре 2019 года характеризовался исключительно обильными осадками по всему региону, где выпало наибольшее или второе по величине количество осадков за период с 1981 года, что составляет от 200 до 400 %

Рисунок 26. Индекс стрессового состояния сельского хозяйства (АСИС) в районе Большого Африканского Рога в мае 2019 года.

⁹⁵ В Южном Судане составленный в августе прогноз нехватки продовольствия на период с октября по декабрь не учитывает последствий наводнений, поэтому число людей, пострадавших от отсутствия продовольственной безопасности в конце 2019 года, по всей вероятности, будет значительно выше, чем предполагалось в представленной оценке.

⁹⁶ ФАО, 2020: 2020: GIEWS Special Alert 347: The worst desert locust outbreak in decades threatens food security across East Africa. Rome, <http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>.

⁹⁷ ФАО, 2019: Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture (October-December 2019). Rome, <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/1239932/>.

⁹⁸ ФАО, Crop Prospects and Food Situation, July 2019, <http://www.fao.org/3/ca5327en/ca5327en.pdf>.

⁹⁹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Crop Prospects and Food Situation, September 2019, <http://www.fao.org/3/ca6057en/ca6057en.pdf>.

¹⁰⁰ ФАО Food Price Monitoring and Analysis Bulletin, November 2019, <http://www.fao.org/3/ca6996en/ca6996en.pdf>.

от долгосрочного среднего уровня. Нетипичное потепление поверхности моря у побережья Восточной Африки, ставшее частью одного из самых сильных проявлений индоокеанского диполя (ИОД) в истории наблюдений, повлекло за собой выпадение сильных дождей в материковой части континента. Хотя обильные дожди оказали положительное воздействие на сельскохозяйственные культуры и пастбищные угодья, они также вызвали масштабные наводнения и связанные с ними гибель людей, перемещение населения, гибель урожая и скота, главным образом в центральных и южных районах Сомали, на юго-востоке Эфиопии, в северной и восточной частях Кении и в Южном Судане.

Экстремальные климатические явления создали дополнительную серьезную угрозу и без того нестабильным средствам к существованию в Восточной Африке и в регионе Африканского Рога¹⁰¹, где проживают крайне уязвимые сообщества и, по меньшей мере 75 миллионов человек имеют доход ниже 1,9 долл. США в день¹⁰². Около 8,1 миллиона человек в регионе являются внутренне перемещенными лицами, при этом по меньшей мере 1,8 миллиона из них — это лица, перемещенные в результате засухи, а 3,5 миллиона человек — лица, ищущие убежища, и беженцы¹⁰³. Экстремальные климатические и погодные явления продолжают вынуждать людей перемещаться в поисках безопасности: в Сомали в период с января по май 2019 года засуха привела к перемещению по меньшей мере 60 000 человек¹⁰⁴, а масштабные наводнения в октябре и ноябре повлекли за собой дополнительные 370 000 перемещений¹⁰⁵. Тысячи пострадавших бежали в Эфиопию, которая также сталкивается с негативными последствиями климатических явлений, включая перемещение населения. Климатические явления, в свою очередь, обостряют напряженность в отношениях между перемещенными лицами и принимающими их общинами, что еще больше разжигает внутриобщинный конфликт.

Более всего от наводнений пострадал Южный Судан, где последствия наводнений коснулись около 900 000 человек, из которых около 420 000 стали

перемещенными лицами. Значительные потери урожая, вызванные наводнениями, особенно в бывших штатах Северный Бахр-эль-Газаль, Джонглей, Верхний Нил и Вараб, несколько сбалансировали рост производства и повышение безопасности, наблюдавшиеся вследствие высоких урожаев в незатронутых наводнениями районах. В результате совокупное производство зерна в 2019 году, по оценкам, повысится в сравнении с незначительными объемами за 2018 год, но окажется ниже среднего уровня производства за пять лет¹⁰⁶. В районах, пострадавших от наводнения, были зарегистрированы значительные потери поголовья скота. Негативное влияние наводнений на средства к существованию еще более усугубило и без того тяжелую ситуацию с продовольственной безопасностью: по прогнозам, в период с сентября по декабрь 4,54 млн. человек (почти 40 % всего населения) должны были испытывать нехватку продовольствия, однако из-за наводнений фактическая цифра, вероятно, будет значительно выше¹⁰⁷.

Неконтролируемое размножение саранчи на Аравийском полуострове в сочетании с необычными погодными и климатическими условиями в Восточной Африке привело к самой сильной вспышке пустынной саранчи за последние 25 лет в регионе Африканского Рога и к самой серьезной за 70 лет для Кении. В конце 2019 года вспышка затронула восток Эфиопии и центральную/южную часть Сомали, к январю 2020 года распространилась на север Кении, а к июню 2020 года, как ожидается, дойдет до юга Эфиопии и охватит северо-восток Уганды и восточную часть Южного Судана. Большие стаи, подобные тем, которые появились над Кенией, могут за день уничтожить столько же продовольствия, сколько потребовалось бы для того, чтобы прокормить 80 миллионов человек, и пострадавшие районы могут столкнуться с полной потерей урожая и кормов. Неослабевающее размножение саранчи ожидается до июня 2020 года и «представляет собой беспрецедентную угрозу для продовольственной безопасности и средств к существованию в регионе и может привести к дальнейшим страданиям, перемещению населения и потенциальному конфликту»^{108,109}.

¹⁰¹ Управление по координации гуманитарной деятельности (УКГД), Sahel: Overview of Humanitarian Needs and Requirements 2018, <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Sahel%20HNRO%202018.pdf>, p.3.

¹⁰² По данным Всемирного банка, доступным по ссылке <https://data.worldbank.org/indicator>: процентная доля населения, живущего менее чем на 1,90 долл. США в день (ППС 2011 года), была умножена на общую численность населения Эфиопии, Кении, Южного Судана и Уганды; данные по Сомали исключены из оценки, поскольку информация о доле бедного населения отсутствует.

¹⁰³ Международная организация по миграции (МОМ), <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

¹⁰⁴ МОМ, <https://displacement.iom.int/reports/region-move-%E2%80%94mid-year-mobility-overview-january-june-2019?close=true>.

¹⁰⁵ УКГД, <https://reliefweb.int/report/somalia/somalia-floods-update-un-ocha-noaa-echo-daily-flash-26-november-2019>.

¹⁰⁶ ФАО, 2020: Early Warning Early Action Report on Food Security and Agriculture (January-March 2020), Rome, <http://www.fao.org/3/ca7557en/ca7557en.pdf>.

¹⁰⁷ ФАО, *Crop Prospects and Food Situation, December 2019*, <http://www.fao.org/3/ca7236en/ca7236en.pdf>.

¹⁰⁸ ФАО, <http://www.fao.org/emergencies/crisis/desertlocust/intro/en/>.

¹⁰⁹ ФАО, 2020: GIEWS Special Alert 347: The worst desert locust outbreak in decades threatens food security across East Africa, Rome, <http://www.fao.org/3/ca7610en/ca7610en.pdf>, и УКГД, 2020: Eastern Africa Region: Regional Floods and Locust Outbreak Snapshot, https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ROSEA_20200117_EasternAfrica_Flood_Snapshot_Jan2020_def.pdf.

Источники комплектов данных

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Мировой центр данных о парниковых газах:

Бюллетень ВМО по парниковым газам, № 15, ноябрь 2019 г., <https://gaw.kishou.go.jp/>.

Мауна-Лоа CO₂:

Keeling, C. D. et al., 1976: Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory, Hawaii. *Tellus*, 28, doi:10.1111/j.2153-3490.1976.tb00701.x.

Dr Pieter Tans, US National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) and Dr Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/), University of California San Diego.

Кейп-Грим, Тасмания, CO₂:

Станция базовых наблюдений за загрязнением воздуха Кейп-Грим (CGBAPS), <https://www.csiro.au/en/Research/OandA/Areas/Assessing-our-climate/Latest-greenhouse-gas-data>

ПРИЗЕМНАЯ ТЕМПЕРАТУРА

HadCRUT:

Morice, C. P. et al., 2012: Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 dataset, *Journal of Geophysical Research*, 117, doi:10.1029/2011JD017187.

NOAAGlobalTemp:

Zhang, H.-M. et al., NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5. NOAA National Centers for Environmental Information, doi:10.25921/9qth-2p70 [8 January 2020].

GISTEMP:

GISTEMP Team, 2019: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. NASA Goddard Institute for Space Studies, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>.

Lenssen, N. et al., 2019: Improvements in the GISTEMP uncertainty model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (12), doi:10.1029/2018JD029522.

ERA5

Hersbach, H. and al., 2019: The ERA5 global reanalysis. Under review at the *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*.

JRA-55

Kobayashi, S. et al., 2015: The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 93(1).

УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ

Friedlingstein, P. et al., 2019: Global Carbon Budget 2019, *Earth System Science Data*, 11, <https://doi.org/10.5194/essd-11-1783-2019>.

ОЗОН

Ozonewatch НАСА, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>.

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ ОКЕАНА

Ishii, M. et al., 2017: Accuracy of global upper ocean heat content estimation expected from present observational data sets. SOLA 13, doi: 10.2151/sola.2017-030.

Cheng, L. et al., 2017: Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015. *Science Advances*, 3(3), doi: 10.1126/sciadv.1601545.

Good, S. A. et al., 2013: EN4: quality controlled ocean temperature and salinity profiles and monthly objective analyses with uncertainty estimates. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 118, doi: 10.1002/2013JC009067.

Levitus, S. et al., 2012: World ocean heat content and thermosteric sea level change (0–2000 m), 1955–2010. *Geophysical Research Letters*, 39, doi: 10.1029/2012GL051106.

Roemmich, D. and J. Gilson, 2009: The 2004–2008 mean and annual cycle of temperature, salinity, and steric height in the global ocean from the Argo Program. *Progress in Oceanography*, 52(2), <https://doi.org/10.1016/j.pcean.2009.03.004>.

Hosoda, S. et al., 2008: A monthly mean dataset of global oceanic temperature and salinity derived from Argo float observations. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) Rep. Res. Dev., Volume 8, http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo_web/ancient/MapQ/Hosoda_etal_MOAA_GPV.pdf.

von Schuckmann, K. and P.-Y. Le Traon, 2011: How well can we derive Global Ocean Indicators from Argo data? *Ocean Science*, 7, <https://doi.org/10.5194/os-7-783-2011>.

МОРСКИЕ ВОЛНЫ ТЕПЛА

Hobday, A.J. et al., 2018: Categorizing and naming marine heatwaves. *Oceanography* 31(2), <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.205>.

Оптимальная интерполяция температуры поверхности моря (ОИТПМ)

Banzon, V. et al., 2016: A long-term record of blended satellite and in situ sea-surface temperature for climate monitoring, modeling and environmental studies. *Earth System Science Data*, 8, doi:10.5194/essd-8-165-2016

УРОВЕНЬ МОРЯ

АВИСО (архивация, валидация и интерпретация спутниковых океанографических данных):

Legeais, J.-F. et al., 2018: An improved and homogeneous altimeter sea level record from the ESA Climate Change Initiative. *Earth System Science Data*, 10, doi: 10.5194/essd-10-281-2018

Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS):

Pujol, M.-I. et al., 2016: DUACS DT2014: the new multi-mission altimeter data set reprocessed over 20 years. *Ocean Science*, 12, doi: 10.5194/os-12-1067-2016, 2016.

Ablain, M. et al., 2017: Satellite altimetry-based sea level at global and regional scales. *Surveys in Geophysics*, 38, doi: 10.1007/s10712-016-9389-8.

Escudier, P. A. et al., 2017: Satellite radar altimetry: principle, accuracy and precision. In *Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surfaces* (D. Stammer and A. Cazenave, eds).

рН ОКЕАНА

Временные ряды наблюдений за океаном на Гавайях, HOT

Adapted from: Dore, J.E. et al., 2009: Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106:12235-12240.

Ряды Новой Зеландии

<https://marinedata.niwa.co.nz/nzoa-on/>

Vance, J. et al., 2019: NZOA-ON: The New Zealand Ocean Acidification Observing Network. *Marine and Freshwater Research*, doi: 10.1071/MF19222.

ПРОТЯЖЕННОСТЬ МОРСКОГО ЛЬДА

OSI-SAF v2:

Lavergne, T. et al., 2019: Version 2 of the EUMETSAT OSI SAF and ESA CCI sea-ice concentration climate data records. *The Cryosphere*, 13, doi:10.5194/tc-13-49-2019, 2019.

Центр по применению спутников для изучения океанского и морского льда EBMETCAT (ОСИ САФ), 2017: Global sea ice concentration climate data record v2.0, doi: 10.15770/EUM_SAF_OSI_0008.

Национальный центр данных по снегу и льду (НЦДСЛ):

Fetterer, F. et al., 2017: Sea Ice Index, Version 3. NSDIC, doi: <https://doi.org/10.7265/N5K072F8> [4 February 2020].

БАЛАНС МАССЫ ЛЕДНИКОВ И ЛЕДЯНЫХ ЩИТОВ

Всемирная служба мониторинга ледников (ВСМЛ):

World Glacier Monitoring Service (2019): Fluctuations of Glaciers Database, doi:10.5904/wgms-fog-2019-12. Online access: <http://dx.doi.org/10.5904/wgms-fog-2019-12>.

ОСАДКИ

Глобальный центр климатологии осадков (ГЦКО):

Ziese, M. et al., 2011: GPCC First Guess Product at 1.0°: Near-real-time first guess monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FG_M_100.

Schneider, U. et al, 2018: GPCC Monitoring Product: Near-real-time monthly land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP and CLIMAT data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100, http://dx.doi.org/10.5676/DWD_GPCC/MP_M_V6_100.

Schneider, U. et al., 2018: GPCC Full Data Monthly Product Version 2018 at 1.0°: Monthly land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_M_V2018_100.

ИНДЕКСЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Schamm, K. et al., 2013: GPCC First Guess Daily Product at 1.0°: Near-real-time first guess daily land-surface precipitation from rain gauges based on SYNOP data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FG_D_100.

Ziese, M. et al., 2018: GPCC Full Data Daily Version.2018 at 1.0°: Daily land-surface precipitation from rain gauges built on GTS-based and historical data, doi: 10.5676/DWD_GPCC/FD_D_V2018_100.

СТИХИЙНЫЕ ПОЖАРЫ

Глобальная система ассимиляции данных о пожарах (ГСАДП)

Kaiser, J.W. et al., 2012 : Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. Biogeosciences, 9(1), [https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/CAMS %3A+Global+Fire+Assimilation+System+ %28GFAS %29+data+documentation](https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/CAMS+%3A+Global+Fire+Assimilation+System+%28GFAS+%29+data+documentation).

Полный список участников

ЧЛЕНЫ ВМО

Австрия, Алжир, Аргентина, Армения, Бангладеш, Болгария, Гвинея, Германия, Греция, Грузия, Дания, Израиль, Индия, Индонезия, Иордания, Иран, Ирландия, Испания, Италия, Казахстан, Камерун, Канада, Кения, Кипр, Китай, Коста-Рика, Кот-д'Ивуар, Латвия, Ливия, Люксембург, Республика Северная Македония, Малайзия, Марокко, Молдова, Нигерия, Нидерланды, Новая Зеландия, Польша, Региональный климатический центр (РКЦ) PA VI ВМО, Российская Федерация, Сенегал, Сербия, Сингапур, Словакия, Словения, Соединенное Королевство, США, Судан, Таджикистан, Танзания, Тринидад и Тобаго, Тунис, Турция, Украина, Филиппины, Финляндия, Франция, Хорватия, Чили, Швейцария, Швеция, Эстония, Южная Африка, Япония.

ЦЕНТРЫ ДАННЫХ

Глобальный центр климатологии осадков (ГЦКО); Центр им. Гадлея Метеобюро Соединенного Королевства; национальные центры информации об окружающей среде Национального управления по исследованию океана и атмосферы (НЦИОС НУОА); Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) и Служба по изменению климата в рамках программы «Коперник» (СЗС); Институт космических исследований имени Годдарда Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (ГИСС НАСА); Японское метеорологическое агентство (ЯМА); Глобальная служба атмосферы (ГСА); национальный центр океанографических данных НУОА (НЦОД); Национальный центр данных по снегу и льду (НЦДСЛ); обсерватория Мауна-Лоа; инициатива «Голубой углерод»; Гонконгская обсерватория; Панарктический региональный форум по ориентировочным прогнозам климата (ПАРКОФ); инициатива, связанная с изменением климата, Европейского космического агентства (ЕКА); Служба мониторинга морской среды программы «Коперник» (КСММС); Архивация, валидация и интерпретация спутниковых океанографических данных (АВИСО); Полярный портал; департамент физической океанографии Океанографического института в Вудс-Холле; Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ); Меркатор Осеан; глобальная сеть по вопросам содержания кислорода в океане (GO2NE); глобальная сеть наблюдений за закислением океана (ГСНЗО); Центр по применению спутников для изучения океанского и морского льда (ОСИСАФ) Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ); Австралийское бюро метеорологии; Организация по научным и промышленным исследованиям для стран Содружества (КСИРО), отдел океанов и атмосферы.

УЧРЕЖДЕНИЯ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Межправительственная океанографическая комиссия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (МОК ЮНЕСКО), Международный валютный фонд (МВФ), Международная организация по миграции (МОМ), Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию (ЮНКТАД), Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), Управление Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по делам беженцев (УВКБ), Управление Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий (УСРБ ООН), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

ОТДЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРТЫ

ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Робби Эндрю (CICERO), Линетт Беттио, Пеп Канаделл (CSIRO), Анни Казанав (Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales CNES и Observatoire Midi-Pyrénées, Франция), Роберт Данн (Метеобюро СК), Пьер Фридлигштейн (Университет Эксетера), Карстен Хаустейн (Оксфордский университет), Пеер Хехлер (ВМО), Дженифер Ховард (Conservation International), Матиас Хусс (Фрибургский университет, Швейцария), Кирстен Исенсее (Межправительственная океанографическая комиссия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры), Роб Джексон (Стенфордский университет), Джон Кеннеди (Метеобюро СК), Рейчел Киллик (Метеобюро СК), Такудзи Кубота, Юрий Кулешов, Тошиюки Курино, Лиза Левин (Институт Скриппса), Патрик Мегонигал (Смитсоновский центр исследований окружающей среды), Глен Петерс (CICERO), Корин Ле Кер (Университет Ист-Англии), Роберт Шлегель (департамент физической океанографии, Океанографический институт в Вудс-Холле, США), Катерина Луиз Шу (Межправительственная

океанографическая комиссия Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры), Карина фон Шукман (Меркатор Осеан Интернасьональ, Франция), Василий Смоляницкий (Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Российская Федерация), Мартин Стендел (Датский метеорологический институт, Дания), Оксана Тарасова (ГСА ВМО), Томоко Ташима, Блер Тревин (Бюро метеорологии, Австралия), Фрейя Вамборг (ЕЦСПП и СЗС), Пингпинг Се, Майкл Земп (Швейцария), Маркус Цис (Метеорологическая служба Германии).

СВЯЗАННЫЕ С КЛИМАТОМ РИСКИ И ВОЗДЕЙСТВИЕ

Пьер Буало (ЮНЕП), Алессандро Костантино (ФАО), Флоранс Жофруа (УВКБ), Сара Граф (ФАО), Лоренцо Гуаданьо (МОМ), Дина Ионеско (МОМ), Кирстен Исенсее (МОК-ЮНЕСКО), Мартен Каппелл (ЮНЕП), Изабель Мишаль (УВКБ), Лев Неретин (ФАО), Оскар Рохас (ФАО), Пиния Саразас (ЮНЕП), Джереми Шликенридер (ФАО), Джой Шумаке-Гийемон (ВОЗ/ВМО).

ТАКЖЕ СВОЙ ВКЛАД ВНЕСЛИ

Сандра Амланг (УСРБ), Диармид Кемпбелл Лендрум (ВОЗ), Атуши Гото (ЯМА), Кэтрин Хилл (ГСНК/ГСНО), Клер Нуллис (ВМО), Уилфран Муфума Окиа (ВМО), Мхолиси Шонгве (Секретариат МГЭИК), Майкл Спэрроу (ВПИК), Янчунь Чжан (ЮНКТАД), Зинта Зоммерс (УСРБ), Петер Биссолли (DWD).

За дополнительной информацией просьба обращаться:

World Meteorological Organization

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

**Strategic Communications Office
Cabinet Office of the Secretary-General**

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

Электронная почта: sra@wmo.int

public.wmo.int