

Состояние климата в Азии в 2021 году



ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ВМО-№ 1303

Иллюстрация на обложке: Abhushan Gautam / RIMES / 2022.

ВМО-№ 1303

© Всемирная метеорологическая организация, 2022

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
Эл. почта: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-41303-1

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

Основные тезисы	ii
Предисловие	iii
Вступление	iv
Климат в глобальном контексте.	1
Региональный климат	2
Температура	2
Осадки	4
Криосфера	5
Температура поверхности моря	9
Теплосодержание океана	10
Уровень моря	11
Главные факторы климата	12
Экстремальные явления	15
Тропические циклоны	15
Сильные осадки и наводнения	15
Засуха	16
Волны тепла и лесные пожары	17
Другие экстремальные явления	17
Воздействия и риски, связанные с климатом	19
Пострадавшее население и ущерб	19
Сельское хозяйство и продовольственная безопасность	20
Влияние на экономику	21
Политика повышения климатической устойчивости и адаптации к изменению климата	23
Политика и действия в области климата	23
Возможности Членов: Климатическое обслуживание и заблаговременные предупреждения	24
Основа наблюдений для мониторинга климата	27
Наборы данных	28
Список авторов	31
Сноски.	32

Основные тезисы



Средняя температура над территорией Азии была ниже, чем в предыдущем самом теплом году (2020 г.), но тем не менее попала в ряд между пятым и седьмым самыми теплыми годами за всю историю наблюдений и, по оценкам, была на 0,86 [0,75–1,02] °C выше среднего значения за 1981–2010 гг. (на 1,41 [1,33–1,47] °C выше, чем за период 1961–1990 гг. – базовый период ВМО для оценки изменения климата). Средняя аномалия температуры в Азии была больше глобальной аномалии, составляющей на 0,42 [0,39–0,47] °C выше среднего значения за 1981–2010 гг.



В западном субрегионе Азии количество осадков было ниже нормы. Сокращение объема дождевых осадков и уменьшение снежного покрова повлияли на водообеспеченность сельскохозяйственных культур, что привело к снижению производства.



Большинство ледников в высокогорном регионе Азии, особенно на юго-востоке Тибетского нагорья, на востоке Гималаев и Памиро-Алая, претерпели интенсивную потерю массы в результате исключительно теплых и засушливых условий в 2021 году. В полярных регионах Азии количество дней со снежным покровом было рекордно низким.



В океанической зоне Региональной ассоциации II (Азия) ВМО наблюдается общий тренд потепления поверхностного слоя океана со скоростью более 0,04 °C в год в районах системы течения Куроисио, Аравийского моря, южной части Баренцева и Карского морей и юго-восточной части моря Лаптевых, что примерно в три раза превышает темпы глобального потепления поверхности океана.



Циклон *Шахин*, сформировавшийся в Индийском океане и вышедший 3 октября на северное побережье Омана, принес рекордное количество осадков. Интенсивные дождевые осадки привели к широкомасштабному наводнению, жертвам и большим экономическим потерям.



Пыльные бури затронули различные регионы Западной Азии. Видимость сократилась до менее чем 1 км на многих метеостанциях и до 20 метров в международном аэропорту Бахрейна. Известно также, что песчаные и пыльные бури вызывают респираторные заболевания.



В Азии произошло более 100 опасных природных явлений, из которых более 80 % были паводки и штормы. В результате этих явлений погибло почти 4000 человек, из них около 80 % стали жертвами наводнений. В целом, от этих опасных явлений непосредственно пострадали 48,3 миллиона человек, а общий экономический ущерб составил 35,6 миллиарда долларов США.



Экономический ущерб от засухи увеличился на 63 %, от паводков – на 23 %, а от оползней – на 147 % по сравнению со средним показателем за последние 20 лет. Укрепление систем заблаговременных предупреждений может сыграть решающую роль в принятии упреждающих мер, повышении готовности и снижении воздействия этих опасных явлений.



Существует очевидная необходимость уделяния приоритетного внимания развитию систем заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях и климатических прогнозов не только для борьбы с опасными природными явлениями и достижения Цели 13 в области устойчивого развития (ЦУР) (Действия по борьбе с изменением климата) (по которой был достигнут недостаточный прогресс в обеспечении таких целевых показателей, как 13.1.1 о числе погибших, пропавших без вести и пострадавших непосредственно в результате бедствий и 13.1.2 о принятии и реализации национальных стратегий снижения риска бедствий), но и для ускорения прогресса по ряду других сопутствующих ЦУР.



По состоянию на июнь 2022 года 31 Страна Рамочной конвенции ООН об изменении климата из региона Азии представила определяемые на национальном уровне вклады (ОНУВ), и смягчению воздействий изменения климата уделяется первостепенное внимание всеми Странами в этом регионе. В их ОНУВ в качестве наиболее приоритетных областей сокращения выбросов парниковых газов выделяются энергетика, отходы, сельское хозяйство и землепользование/изменения в землепользовании/лесное хозяйство (ЗИЗЛХ).

Предисловие



После успешной публикации в прошлом году первого доклада ВМО «Состояние климата в Азии в 2020 году» (ВМО-№ 1273) я рад приветствовать своевременную публикацию его второго издания. В подготовке второго доклада приняли участие национальные метеорологические и гидрологические службы (НМГС) и несколько научно-исследовательских учреждений, а также еще больше учреждений ООН и международных и региональных организаций.

В докладе представлена обобщенная информация о состоянии климата, экстремальных явлениях и их социально-экономических последствиях в Азии в 2021 году. Хотя температура в регионе была ниже, чем в предыдущем году, 2021 год все же стоял в ряду между пятым и седьмым

самыми теплыми годами за всю историю наблюдений. В 2021 году большинство ледников в высокогорном регионе Азии претерпели интенсивную потерю массы в результате исключительно теплых и засушливых условий, а в полярном регионе Азии количество дней со снежным покровом было рекордно низким.

Сильные осадки и тропические циклоны привели к жертвам и социально-экономическим потерям, затронув значительную часть региона, а в других частях засуха и пыльные бури оказали влияние на продовольственную безопасность, социально-экономическую деятельность и здоровье людей.

Учитывая тренды климатических показателей и экстремальных явлений, которые показаны в данном докладе, а также ожидаемое увеличение средних и сильных осадков на большей части территории Азии в будущем, существует настоятельная необходимость укрепления систем заблаговременных предупреждений в целях смягчения воздействий, связанных с увеличением частоты и интенсивности экстремальных метеорологических и климатических явлений. Несмотря на постоянные усилия по укреплению систем заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях, в настоящем докладе четко указывается, что все еще существуют значительные пробелы, которые необходимо устранить для укрепления этих систем с целью снижения негативных воздействий опасных гидрометеорологических явлений в регионе.

Информация, содержащаяся в настоящем докладе, основана на данных систем наблюдений, координируемых ВМО и ее партнерскими организациями. Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ) предоставляет базовую информацию о погоде и климате, а Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК) определяет более широкий набор важнейших климатических переменных (ВКлП), необходимых для мониторинга глобального климата и поддержки мер по смягчению воздействий и адаптации.

Хотя доказательства изменения климата в Азии неоспоримы, последние доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) показывают, что остаются значительные пробелы в наблюдениях за некоторыми переменными на континенте, особенно за осадками, а также за основными переменными, определенными Глобальной опорной сетью наблюдений (ГОСН) ВМО. ГОСН и поддерживающий ее Фонд финансирования систематических наблюдений будут обеспечивать крайне необходимые наблюдения для численного прогнозирования погоды и помогут существенно укрепить системы мониторинга климата и заблаговременных предупреждений.

Пользуясь случаем, я хотел бы поздравить экспертов в регионе и во всем мире с успешной научной координацией и авторством данного доклада, а также поблагодарить Членов ВМО и родственные учреждения системы Организации Объединенных Наций за их неизменную приверженность поддержке данной публикации посредством предоставления материалов и участия в процессе рецензирования данного доклада.

Проф. Петтери Таалас
Генеральный секретарь ВМО

Вступление



Азия представляет собой разнообразный регион, имеющий множественные формы рельефа, береговые линии и богатые природные экосистемы. Однако масштаб риска в Азии расширяется. Он также усиливается в связи с воздействиями изменения климата, а продолжающаяся работа по преодолению последствий пандемии COVID-19 вызывает дополнительные сложности.

В 2021 году паводки, особенно в Индии, Непале и Китае, нанесли самый серьезный ущерб в Азии с точки зрения числа погибших, пострадавшего населения и экономических потерь. Внезапные сильные дожди в Непале также привели к значительным потерям сельскохозяйственной продукции, поскольку это явление совпало с критическим периодом сбора урожая. В Афганистане продолжительная засуха и ее каскадные воздействия поставили под угрозу продовольственную безопасность. Аналогичным образом, дефицит осадков наблюдался в Пакистане, в то же время волны тепла охватили несколько районов Азии, включая Китай, Японию и Российскую Федерацию.

Эти события указывают на наличие пробелов в потенциале адаптации и подчеркивают настоятельную необходимость реализации ключевых решений по адаптации. Глазговский климатический пакт, принятый на КС 26 в ноябре 2021 года, способствовал активизации действий по адаптации и придал им дополнительный импульс, поскольку он ориентирован на десятилетие преобразующих действий по борьбе с изменением климата. Однако политические пути адаптации должны быть прочно основаны на научных данных.

Согласно оценкам, представленным в *Asia-Pacific Disaster Reports 2021 and 2022* (Доклады о бедствиях в Азиатско-Тихоокеанском регионе за 2021 и 2022 годы) Экономической и социальной комиссии для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО), в Азии больше всего ежегодных инвестиций на адаптацию потребует Китай – 188,8 миллиарда долларов США, за ним следуют Индия – 46,3 миллиарда долларов США и Япония – 26,5 миллиарда долларов США. В процентном отношении к ВВП страны самые высокие затраты оцениваются для Непала – 1,9 %, за ним следуют Камбоджа – 1,8 % и Индия – 1,7 %.

Учитывая, что паводки и тропические циклоны в регионе приносят наибольшие экономические потери, инвестиции в адаптацию должны быть в первую очередь направлены на упреждающие действия и обеспечение готовности. Несмотря на прогресс в создании систем заблаговременных предупреждений, необходимо их дальнейшее укрепление по мере усиления изменения климата. Аналогичным образом, необходимо повысить устойчивость новой инфраструктуры, а также улучшить управление водными ресурсами и производство сельскохозяйственных культур в засушливых районах, при этом решения, основанные на природных факторах, приносят долговременные и разносторонние выгоды. Инвестиции в эти решения также обеспечат прогресс в достижении Цели 13 в области устойчивого развития (ЦУР) (Действия по борьбе с изменением климата) и ускорят прогресс в достижении многих других ЦУР, в том числе Цели 1 (Ликвидация нищеты), Цели 2 (Ликвидация голода), Цели 3 (Хорошее здоровье и благополучие), Цели 9 (Индустриализация, инновации и инфраструктура) и Цели 11 (Устойчивые города и населенные пункты).

В данном контексте доклад «Состояние климата в Азии в 2021 году» является своевременным, поскольку он раскрывает взаимосвязи между климатическими показателями и ЦУР и помогает устранить пробелы между наукой и политической практикой. ЭСКАТО и ВМО на основе партнерства продолжают инвестировать в наращивание масштаба устремлений в области климата и ускорение темпов реализации мер климатической политики. С этой целью Портал ЭСКАТО по вопросам риска и повышения устойчивости, который использует самую последнюю информацию о климате и определяет «горячие точки» риска и меры адаптации по странам и субрегионам, предоставляет большую часть доказательной базы для использования в настоящем докладе. Лицам, определяющим политику, предлагается использовать данный портал для упрощения процесса принятия научно-обоснованных решений.

Армида Салсиа Алисджабана
Заместитель Генерального секретаря Организации Объединенных Наций
и Исполнительный секретарь ЭСКАТО

Климат в глобальном контексте

Глобальная среднегодовая температура в 2021 году была примерно на $1,11 \pm 0,13$ °C выше среднего значения доиндустриального уровня 1850—1900 гг. — ниже, чем в некоторые предыдущие годы, благодаря охлаждающему эффекту явления Ла-Нинья в начале и конце года. Согласно шести наборам данных 2021 год стоит в ряду между пятым и седьмым самыми теплыми годами за всю историю наблюдений (рисунок 1). Последние семь лет, 2015—2021 годы, стали семью самыми теплыми годами за всю историю наблюдений. Согласно большинству наборов данных, 2016 год, начало которого пришлось на мощное явление Эль-Ниньо, остается самым теплым годом за всю историю наблюдений.

В 2020 году атмосферные концентрации трех основных парниковых газов достигли новых рекордных значений: уровень диоксида углерода (CO_2) составил $413,2 \pm 0,2$ частей на миллион (ppm), метана (CH_4) — 1889 ± 2 частей на миллиард (ppb), а закиси азота (N_2O) — $333,2 \pm 0,1$ ppb или 149 %, 262 % и 123 % от доиндустриальных (до 1750 года) уровней соответственно. Данные в режиме реального времени, полученные из ряда конкретных местоположений, включая Мауна-Лоа (Гавайи) и Кейп-Грим (Тасмания), показывают, что уровни CO_2 , CH_4 и N_2O в 2021 году продолжили расти. Увеличение концентрации парниковых газов приводит к накоплению тепла в климатической системе, большая часть которого хранится в океане.

За последние два десятилетия скорость потепления океана сильно возросла, а теплосодержание океана в 2021 году было самым высоким за всю историю наблюдений. Потепление океана и ускорение потери ледовой массы ледяными щитами способствовали повышению глобального среднего уровня моря на 3,3 мм в год в период с 1993 по 2021 год и на 4,5 мм в год в период с 2013 по 2021 год, которое в 2021 году достигло нового рекордного значения. Океан поглощает около 23 % ежегодных антропогенных выбросов CO_2 в атмосферу, смягчая таким образом эффект общего потепления. Однако CO_2 вступает в реакцию с морской водой и понижает ее уровень pH. Данный процесс, известный как закисление океана, влияет на многие организмы и экосистемные услуги, а также угрожает продовольственной безопасности, ставя под угрозу рыболовство и аквакультуру^{1,2}.

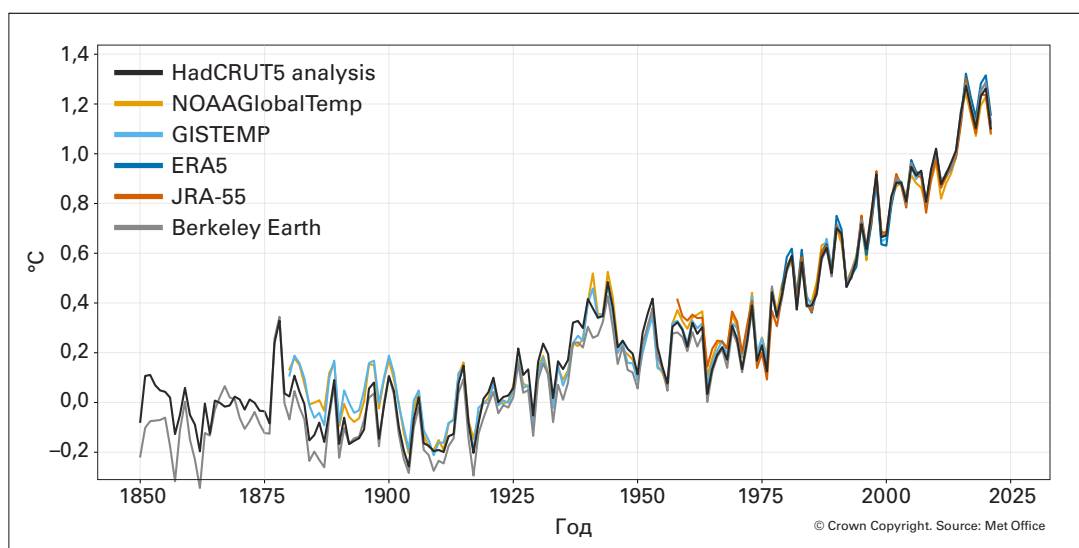


Рисунок 1. Изменение глобальной среднегодовой температуры в сравнении с доиндустриальными условиями (1850—1900 гг.) на основе шести наборов данных о глобальной температуре. Дополнительные разъяснения и подробные сведения о наборах данных содержатся в публикации *«Состояние глобального климата в 2021 году»* (ВМО-№ 1290).

Источник: Метеобюро, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

Региональный климат

В следующих разделах представлен анализ ключевых показателей состояния климата в Азии в 2021 году. Один из таких важных показателей — температура — описывается в терминах аномалий или отклонений от базового периода. Что касается средней глобальной температуры, то в Шестом оценочном докладе (ОД6) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) для расчета аномалий относительно доиндустриальных уровней используется базовый период 1850—1900 гг.³. Однако доиндустриальный базовый период не может быть использован в качестве базового для расчета региональных аномалий из-за недостатка данных для расчета средних значений по регионам до 1900 года. Поэтому региональные аномалии температуры выражаются относительно 30-летнего базового периода 1961—1990 гг. Это фиксированный базовый период, рекомендованный ВМО в качестве последовательного и стабильного базового периода для оценки долгосрочного изменения климата, особенно температуры. В некоторых случаях также используется период климатологических стандартных норм 1981—2010 гг. для расчета аномалий температуры и других показателей применительно к более поздним средним климатическим условиям. В настоящем докладе четко указаны исключения в отношении использования этих базовых периодов для расчета аномалий, если они имеют место.

ТЕМПЕРАТУРА

Температура у поверхности Земли в сочетании с осадками оказывает большое влияние на природные системы и людей. В 2021 году средняя температура над территорией Азии⁴ была ниже, чем в 2020 году, но тем не менее попала в ряд между пятым и седьмым самыми теплыми годами за всю историю наблюдений (рисунок 2). Согласно оценкам, температура была на 0,86 [0,75—1,02] °C выше среднего значения за период 1981—2010 гг. и на 1,41 [1,33—1,47] °C выше среднего значения за период 1961—1990 гг. (базовый период ВМО для оценки изменения климата) в зависимости от рассматриваемого набора данных. Аномалия средней температуры над территорией Азии была больше глобальной аномалии, составляющей на 0,42 [0,39—0,47] °C выше среднего значения за период 1981—2010 гг. Средняя температура была выше нормы за 1981—2010 гг. в районе Западной и Восточной Азии и ниже нормы в Центральной Сибири,

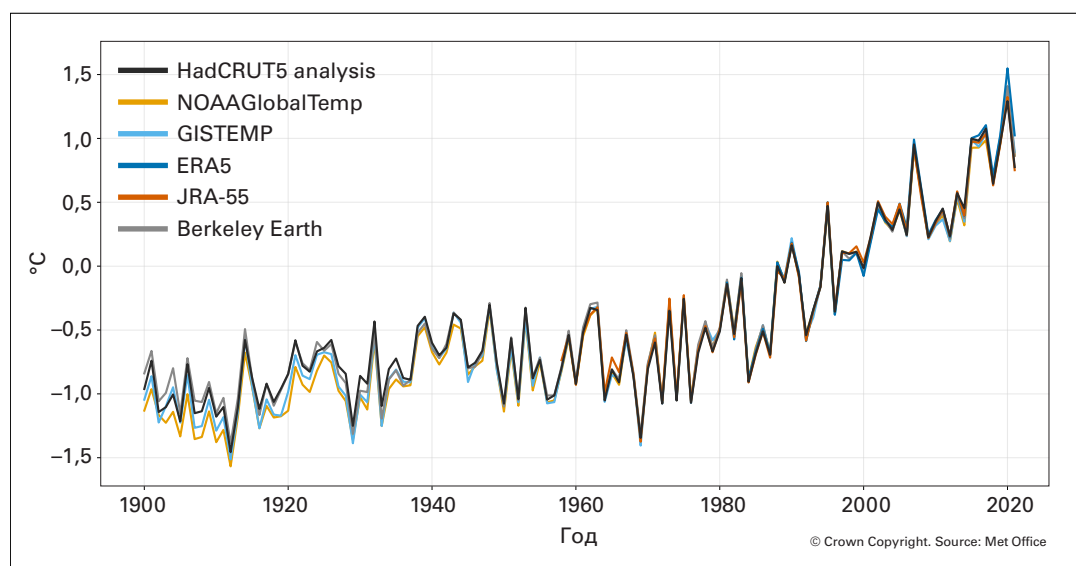


Рисунок 2. Аномалии среднегодовой температуры (°C) за 1900—2021 гг., осредненные по Азии, относительно среднего значения за 1981—2010 гг. на основе шести наборов данных о глобальной температуре, указанных в легенде.

Источник: Метеобюро, Соединенное Королевство

Примечание: в основе HadCRUT5, Berkeley Earth, NOAA GlobalTemp и GISTEMP лежат наблюдения *in situ*. ERA-5 и JRA-55 являются наборами данных реанализа. Подробную информацию о наборах данных и нанесении данных на график см. в разделе «Температура» в конце настоящего доклада.

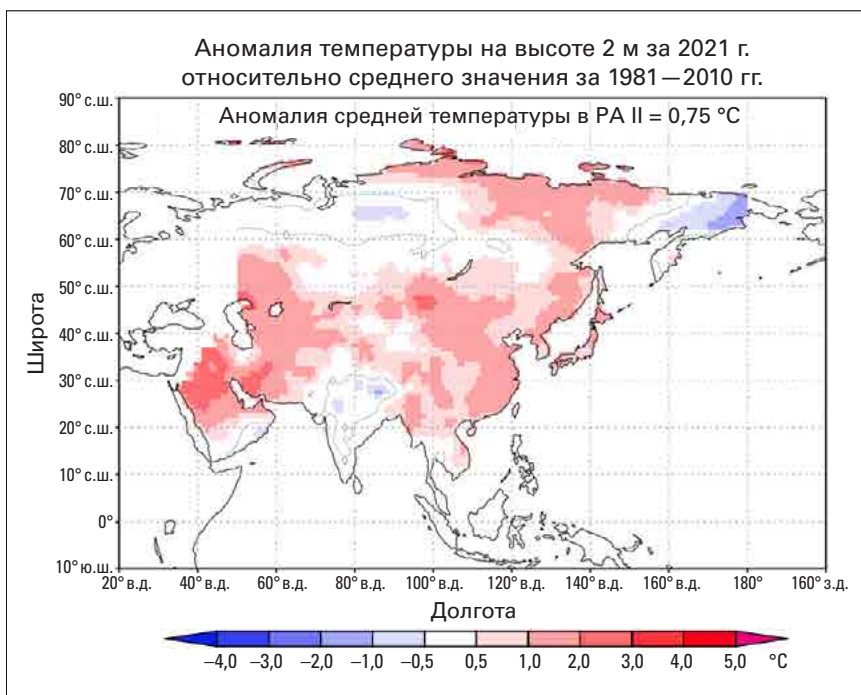


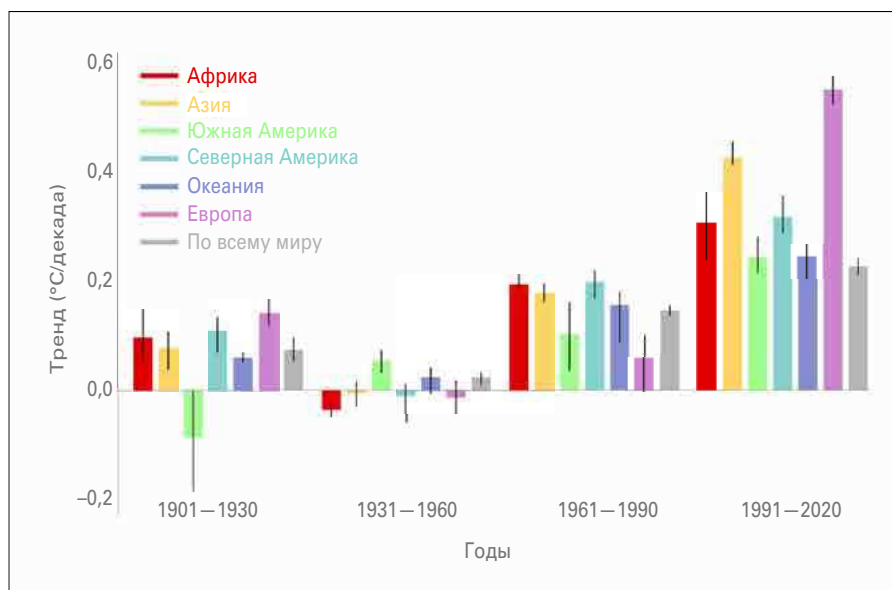
Рисунок 3. Температурные аномалии (°C) в 2021 г. относительно многолетнего среднего значения за 1981—2010 гг. по данным реанализа JRA-55.

Источник: Климатический центр Токио, Японское метеорологическое агентство

дальневосточной части Российской Федерации и некоторых частях Южной Азии (рисунок 3). Отражая данное распределение, среднегодовая температура в 2021 году достигла наивысшего значения за всю историю наблюдений (с начала XX века) в Китае⁵ и Бахрейне, а также наивысшего значения с 2003 года в Объединенных Арабских Эмиратах и второго наивысшего значения с 1985 года в Саудовской Аравии. Более того, 2021 год стал самым теплым годом в Гонконге, Китай, с момента начала наблюдений в 1884 году.

В долгосрочной перспективе во второй половине XX века в Азии наметился тренд потепления (рисунки 2 и 4). В последние два подпериода (1961—1990 гг. и 1991—2020 гг.) тренды потепления в Азии, которая является континентом с самой большой площадью суши, простирающейся до полярного региона, превысили глобальное среднее значение, что свидетельствует о том, что рост температуры над поверхностью суши выше, чем над поверхностью океана, как указано в докладе ОД6 МГЭИК. Тренд потепления в Азии за 1991—2020 гг. превысил тренды потепления за период 1961—1990 гг. и предыдущие 30-летние периоды (рисунок 4).

Рисунок 4. Тренды средней приземной температуры воздуха по шести Регионам ВМО и глобальной средней температуры (°C) на протяжении четырех подпериодов с использованием шести наборов данных (см. рисунок 1). Столбики показывают тренд среднего значения наборов данных. Черными линиями отмечен диапазон между наибольшими и наименьшими трендами в отдельно взятых наборах данных.





ОСАДКИ

Осадки являются ключевым климатическим параметром, тесно связанным с незаменимыми ресурсами для человеческой деятельности, например, водой для питья, бытовых нужд, сельского хозяйства и гидроэнергетики. Они также определяют такие основные климатические явления, как засухи и паводки. В 2021 году наибольший относительный дефицит осадков в регионе наблюдался в Западной Азии, включая, в частности, Исламскую Республику Иран, Ирак, Афганистан и Аравийский полуостров. В целом, Юго-Западная Азия и Восточная Сибирь получили меньше обычного годового количества осадков (рисунок 5). Наибольшее абсолютное избыточное количество осадков относительно климатической нормы 1981—2010 гг. наблюдалось на западных побережьях Индии и Мьянмы, на востоке Гималаев и на Северо-Китайской равнине. Аномально высокие годовые суммы осадков были зафиксированы в Южной и Юго-Восточной Азии, восточной части Китая и на Западно-Сибирской равнине.

Анализ временных рядов средних по площади годовых сумм осадков по данным Глобального центра климатологии осадков (ГЦКО) показал, что 2021 год стал пятым годом подряд с количеством осадков ниже нормы (1981—2010 гг.) в степной части Западной Азии (регион, охватывающий 45° в. д. — 80° в. д., 40° с. ш. — 55° с. ш.). В районах Юго-Западной Азии, зависящих от зимних осадков, годовые суммы осадков в 2021 году были ниже нормы после того, как в течение трех лет суммы были выше нормы. 2021 год стал четвертым годом подряд с количеством осадков выше нормы в степной части Восточной Азии (регион, охватывающий 90° в. д. — 120° в. д., 40° с. ш. — 55° с. ш.). В районе южно-азиатского муссона количество осадков было выше нормы второй год подряд, а восточно-азиатский муссон привел к осадкам выше нормы седьмой год подряд.

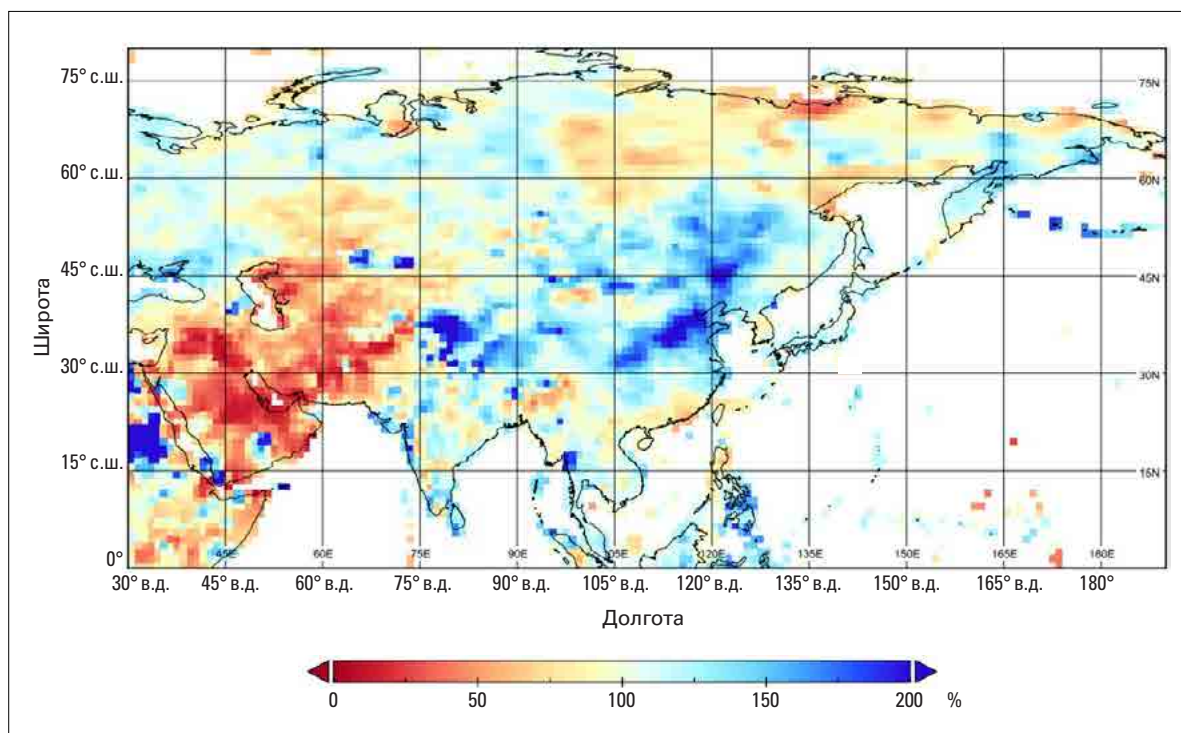


Рисунок 5. Аномалии осадков за 2021 год, выраженные в процентах от среднего значения за 1981—2010 гг.

Источник: Глобальный центр климатологии осадков (ГЦКО), Метеорологическая служба Германии



КРИОСФЕРА

АРКТИЧЕСКИЙ МОРСКОЙ ЛЕД

Протяженность морского льда является ключевым показателем изменчивости и изменения климата в полярных регионах. Наличие морского льда значительно модулирует поверхностные океанические волны и обмен теплом, количеством движения, влагой и газами между воздухом и морем, формируя не только региональный, но и глобальный климат.

Согласно консенсусному заявлению 7-й сессии Арктического климатического форума^{6,7} максимальная протяженность морского льда в зимний период достигла отметки 15 млн км² 11 марта 2021 года, что стало седьмым самым низким показателем с 1979 года. Отрицательные аномалии теплосодержания океана в верхнем 15-метровом слое океана в июне 2021 года и далее в течение лета замедлили таяние льда в Восточно-Сибирском и Чукотском морях. Медленное таяние усилилось благодаря температуре воздуха, близкой к средней или ниже средней, в течение бореального лета на обширной территории Северного Ледовитого океана⁸. В конце бореального лета минимальная протяженность морского льда достигла 12 сентября 2021 года отметки около 4,8 млн км², что на 0,9 млн км² выше минимума 2020 года и является двенадцатым самым низким минимальным показателем протяженности морского льда с 1979 года. Северный морской путь не был стабильно свободным ото льда в течение бореального лета 2021 года.

ЛЕДНИКИ

Масса ледникового льда чувствительна к изменениям региональной температуры, осадков и поверхностного излучения. По мере таяния в результате изменения климата ледники влияют на глобальный уровень моря, региональные водные циклы и местные опасные явления. Высокогорная Азия — это область на большой высоте, центром которой является Тибетское нагорье, где сосредоточен самый большой объем льда за пределами полярных регионов, а площадь ледников составляет около 100 000 км². В последние десятилетия большая часть этих ледников отступает, а высота границы питания постепенно увеличивается^{9,10}.

За последние 40 лет пять ледников (рисунок 6), по которым имеются данные многолетних наблюдений, в высокогорном регионе Азии претерпели значительную потерю массы, причем в XXI веке этот тренд ускорился. В частности, ледник Парлунг № 94 на юго-востоке Тибетского нагорья (обозначенный на рисунке 6 красной линией и наблюдаемый с 2006 г.) демонстрирует более значительную совокупную потерю массы, чем в среднем глобальные эталонные ледники (обозначенные на рисунке 6 серой линией) за период 1980—2021 гг.

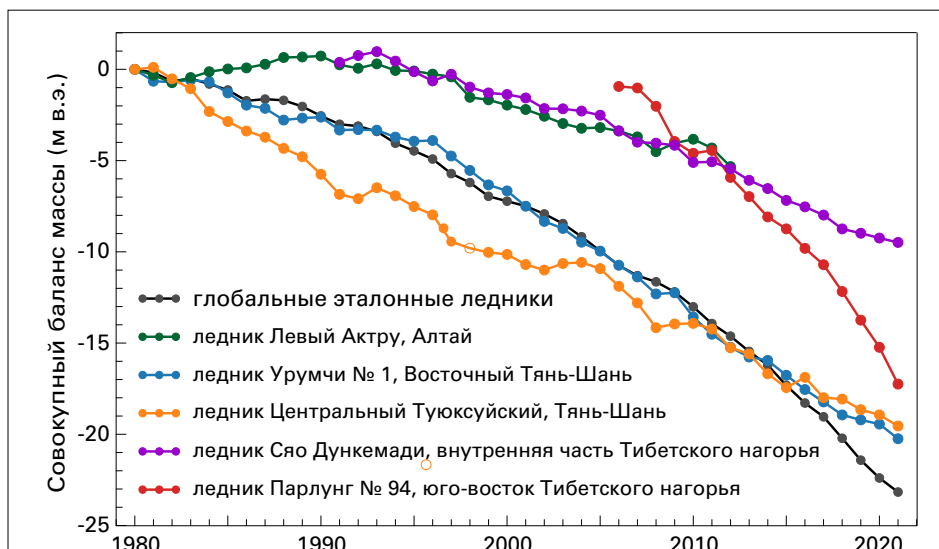


Рисунок 6. Совокупный баланс массы (в метрах водного эквивалента (м в.э.)) пяти эталонных ледников в высокогорном регионе Азии и средняя потеря глобальных эталонных ледников.

Источник: Данные по глобальным эталонным ледникам (серым цветом), леднику Левый Актру (зеленым цветом) и леднику Центральный Туюксуйский (оранжевым цветом) предоставлены Всемирной службой мониторинга ледников (ВСМЛ)¹¹. Данные по леднику Урумчи № 1 (синим цветом), леднику Сяо Дункемади (фиолетовым цветом) и леднику Парлунг № 94 (красным цветом) предоставлены Китайской академией наук (КАН)¹²



В рамках 2020/21 гляциологического года предварительные данные, полученные по ледникам, наблюдаемым в высокогорном регионе Азии, показывают четкую региональную неоднородность изменений массы (рисунок 7). Большинство ледников в высокогорном регионе Азии, особенно на юго-востоке Тибетского нагорья, на востоке Гималаев и Памиро-Алая, претерпели интенсивную потерю массы в результате исключительно теплых и засушливых условий в 2021 году. Например, баланс массы ледника Парлунг № 94 на юго-востоке Тибетского нагорья достиг примерно $-2,0$ м в.э. в 2020/21 году. Гляциологический год 2020/21 — это один из двух самых сильных годов абляции за всю историю наблюдений, близкий к 2009 году. Однако часть ледников на западе Тянь-Шаня (в Кыргызстане) и в средних Гималаях (в Непале) были близки к условиям сбалансированного бюджета (что означает небольшой прирост или потерю льда).

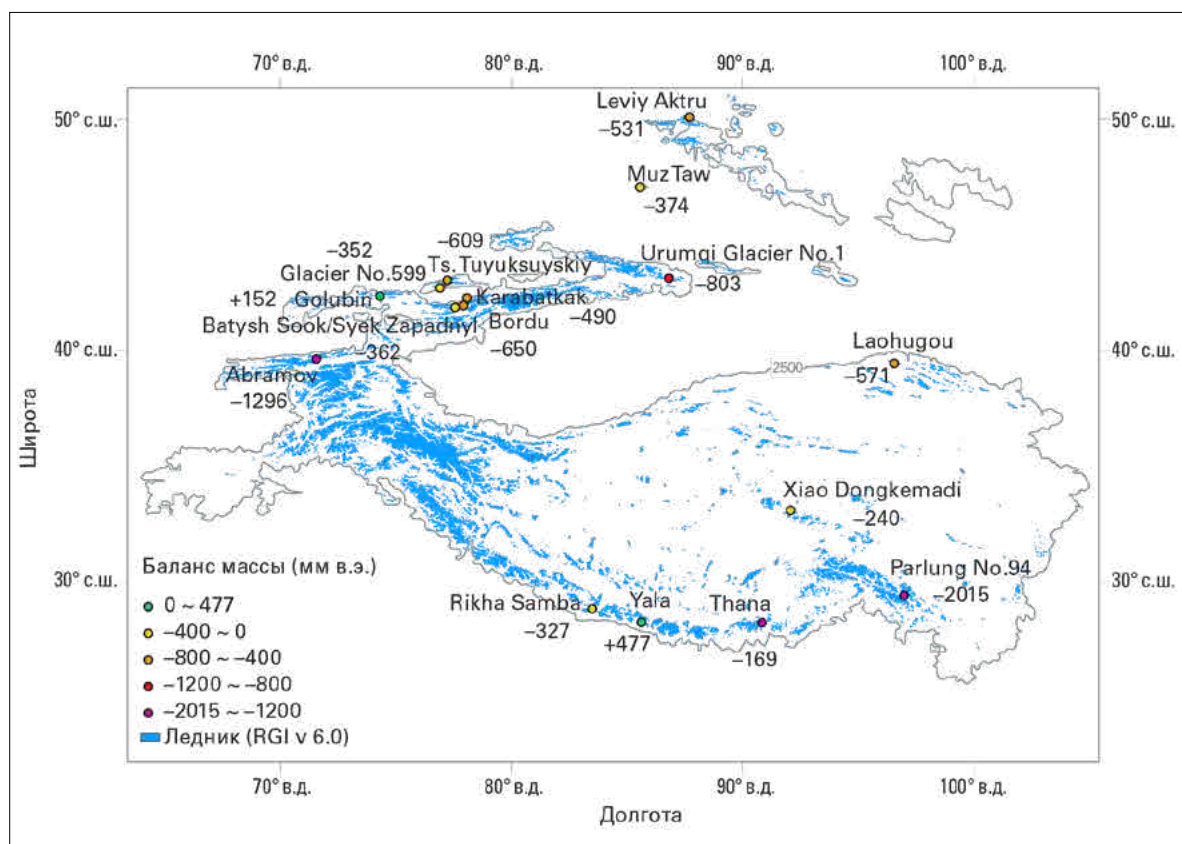


Рисунок 7. Предварительные оценки баланса массы ледников в высокогорном регионе Азии в 2020/21 году. Область, обозначенная серой контурной линией, находится на высоте 2500 метров над уровнем моря.

Примечание: протяженность снежного покрова в регионе отображена на рисунке 10.

Источник: сеть региональных климатических центров ВМО для «третьего полюса» (сеть РКЦТП) и ВСМЛ; исследователи из Бутана, Китая, Казахстана, Кыргызстана, Непала и Российской Федерации



МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА

Многолетняя мерзлота — это почва, температура которой постоянно остается ниже 0 °С в течение двух или более лет, и она является отличительной особенностью окружающей среды в высоких широтах. Например, в Российской Федерации¹³ многолетняя мерзлота занимает площадь около 1 000 000 км². Она характеризуется двумя параметрами: среднегодовой температурой почвы в верхней части многолетней мерзлоты и толщиной верхнего слоя сезонноталой почвы, которая определяется как толщина активного слоя (ТАС). По данным мониторинга, проводимого Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) в 2021 г.¹⁴, ТАС уменьшилась на многих участках Западной Сибири, что было связано с более холодными условиями в Сибири на протяжении бореальной зимы 2020/21 гг. по сравнению с зимой 2019/20 года. С другой стороны, тренды ТАС (рисунок 8) почти на всех других участках остаются положительными, что указывает на устойчивый тренд в сторону увеличения глубины оттаивания многолетней мерзлоты в XXI веке. Что касается температуры почвы, то на большей части Северной Азии во всем слое почвы глубиной до 320 см преобладают положительные аномалии по сравнению со средним значением за 2007—2021 гг. (до +2 °С). Наибольшее статистически значимое повышение минимальной температуры почвы на глубине до 320 см наблюдалось в северных районах Сибири.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Снежный покров играет важную роль в механизмах обратной связи в климатической системе (например, альбедо¹⁵, сток, влажность почвы и растительность). Таким образом, он является важнейшей переменной для мониторинга изменения климата. За последние 25 лет протяженность снежного покрова (ПСП) в течение бореальной весны (с марта по май) на территории Азии характеризовалась колебаниями в десятилетнем масштабе с тенденцией к уменьшению,

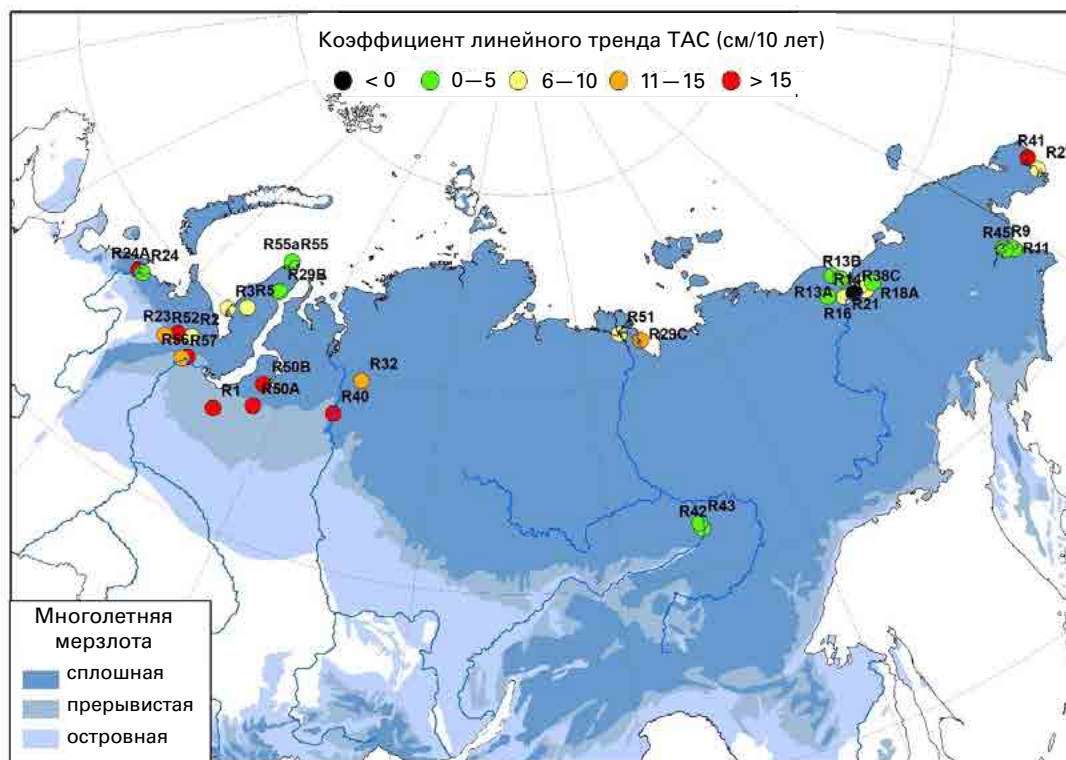


Рисунок 8. Долгосрочный тренд толщины верхнего слоя сезонноталой почвы (толщина активного слоя, ТАС в см за 10 лет) за период 1976—2021 гг. Многолетняя мерзлота подразделяется по охвату на сплошную (90 %), прерывистую (50—90 %) и спорадическую (10—50 %) зоны, а также островную (10 %) в зависимости от непрерывности площади.

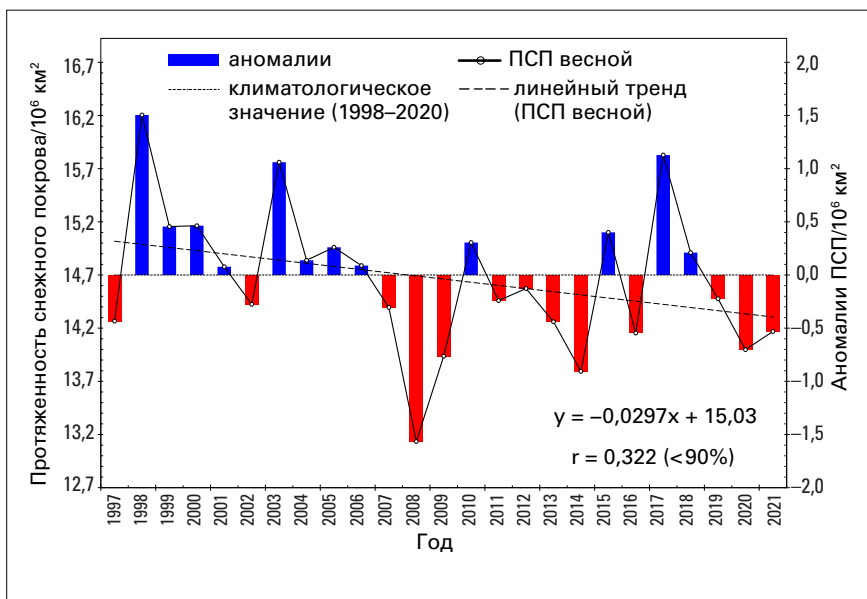


Рисунок 9. ПСП в Азии (левая ось) и аномалии, выделенные синим и красным цветами (правая ось), в период бореальной весны, 1997—2021 гг. Пунктирная линия обозначает среднее климатологическое значение за 1998—2020 гг. Штриховая линия обозначает линейный тренд за 1997—2021 гг. Данные получены из Интерактивной системы картирования снега и льда при помощи множества датчиков и Национального центра данных по снегу и льду (<https://nsidc.org/home>).

хотя эта тенденция не является статистически значимой. До 2006 года в весенний период в ПСП преобладали положительные аномалии, а после — отрицательные. Весной 2021 года ПСП в Азии составляла около 14,15 млн км², что на 0,53 млн км² меньше среднего значения за 1998—2020 гг. (рисунок 9).

По сравнению со средним значением за период 1998—2020 гг. ПСП весной 2021 года была ниже нормы на обширной территории Азии, за исключением широт в районе 40° с. ш. (на западе Тянь-Шаня и западе Куньлуньских гор) и между 50° и 60° с. ш., где ПСП весной была в основном на 50—60 км² выше нормы, а местами на 120 км² выше нормы (рисунок 10).

Продолжительность снежного покрова в северной части Азии в период бореальной зимы 2020/21 года была значительно ниже нормы¹⁶. В полярных регионах количество дней со снежным покровом было рекордно низким. И наоборот, максимальная средняя высота снежного покрова в Сибири была значительно выше климатологической нормы и попала в первую десятку рекордных значений за всю историю наблюдений.

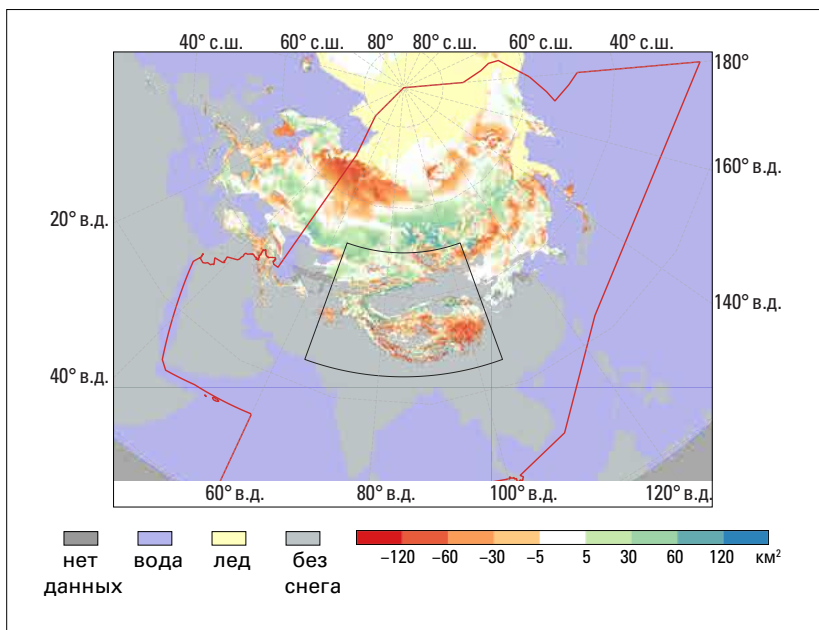


Рисунок 10. Аномалии среднего значения ПСП в период бореальной весны 2021 года относительно среднего значения за 1998—2020 гг. Примечание: красная линия определяет границы географической области, для которой было рассчитано среднее значение ПСП в Азии, показанное на рисунке 9. Черная линия определяет границы высокогорного региона Азии, показанного на рисунке 7. Данные получены из Интерактивной системы картирования снега и льда при помощи множества датчиков и Национального центра данных по снегу и льду (<https://nsidc.org/home>).



ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ

Температура поверхности моря (ТПМ) является важным физическим показателем состояния климатической системы Земли. Изменения ТПМ играют решающую роль во взаимодействии океана и атмосферы, поскольку могут вызвать перенос энергии, количества движения и газов между этими двумя компонентами системы Земля¹⁷.

Скорость повышения ТПМ варьируется в зависимости от региона, при этом в некоторых регионах в последние десятилетия наблюдается незначительное похолодание. В океанической зоне Региональной ассоциации II (Азия) ВМО наблюдается общий тренд потепления поверхности моря (рисунок 11) со скоростью более 0,4 °C за десятилетие в районах системы течения Куроисио, Аравийского моря, южной части Баренцева и Карского морей и юго-восточной части моря Лаптевых. Это примерно в три раза выше скорости глобального потепления поверхности моря, составляющей 0,16 +/- 0,01 °C за десятилетие¹⁸. В 2021 году осредненные по площади аномалии ТПМ достигли почти рекордных значений в северо-западной части Тихого океана (область 2 на рисунке 11) (> 0,6 °C), в то время как значения в Арктической зоне и Индийском океане (области 1 и 3 на рисунке 11) находятся ниже рекордных значений, достигнутых в 2020 году. Баренцево море определено как «горячая точка»¹⁹ изменения климата и канал для передачи воздействия недавнего «арктического усиления»²⁰. Потепление поверхности моря в этом районе также оказывает значительное влияние на наблюдаемую потерю морского льда²¹ — механизм обратной связи, который, в свою очередь, усиливает потепление океана^{22,23}.

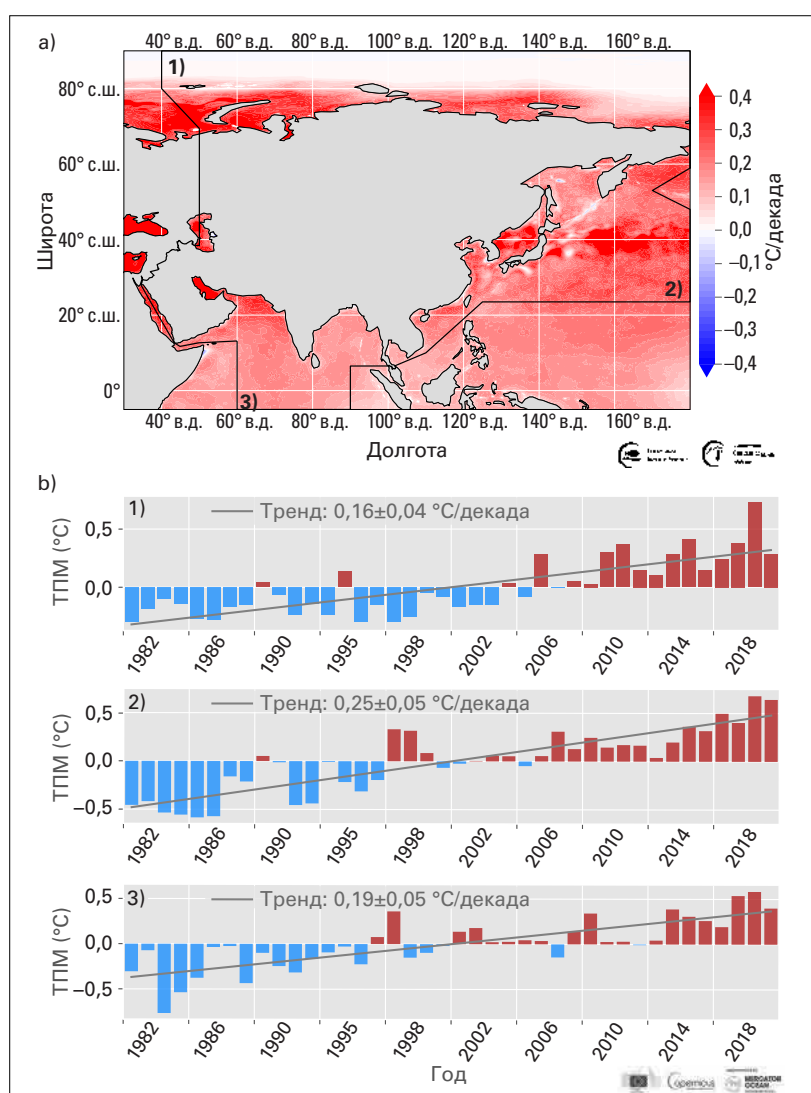


Рисунок 11.

а) Тренд температуры поверхности моря (в °C за десятилетие) за период 1982—2021 гг., рассчитанный на основе продукции дистанционного зондирования, загруженной с сайта <https://marine.copernicus.eu/> (название продукции: SST_GLO_SST_L4_REP_OBSERVATIONS_010_024). б) Осредненные по площади временные ряды аномалий температуры поверхности моря относительно базового периода 1982—2021 гг. (в °C) для трех областей Региональной ассоциации II ВМО, очерченных черной линией в части а) рисунка, а именно:

- 1) области Арктики к северу от 60° с.ш;
- 2) области северо-западной части Тихого океана;
- 3) области Индийского океана.

Линейный тренд за полный период обозначен серой линией.



ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ ОКЕАНА

В результате выбросов теплоулавливающих газов, вызванных деятельностью человека, Мировой океан потеплел. Он поглотил более 90 % избыточного тепла, накопленного в климатической системе, сделав изменение климата необратимым во временных масштабах от столетий до тысячелетий²⁴. Потепление океана обуславливает примерно 40 % наблюдаемого повышения глобального среднего уровня моря²⁵ и изменяет океанические течения. Оно также косвенно изменяет траектории циклонов²⁶, увеличивая стратификацию океана²⁷, и может приводить к изменениям в морских экосистемах²⁸.

Большая часть областей Региональной ассоциации II (Азия) ВМО демонстрирует потепление верхнего слоя океана (0–700 м) с 1993 года (дата начала регистрации данных спутниковой альтиметрии). Особенно сильное потепление наблюдается в Аравийском море и в системе течения Куроисио, где его темпы превышают 2 Вт/м^2 — более чем в три раза быстрее средних глобальных темпов потепления верхнего слоя океана, составляющих $0,6 \text{ Вт/м}^2$ за аналогичный период (рисунок 12a). В 2021 году осредненное по площади теплосодержание океана по-прежнему достигало рекордных значений ($> 4 \times 10^8 \text{ Дж/м}^2$) в Тихоокеанском и Индоокеанском компонентах Региональной ассоциации II ВМО (рисунок 12b). Для этих районов особенно характерен быстрый темп потепления подповерхностного слоя океана, который в настоящее время измеряется на уровне $0,8 \pm 0,3 \text{ Вт/м}^2$ за период 1993–2021 гг., что находится в диапазоне глобального темпа потепления океана. В районе к северу от 60° с. ш. потепление не является значительным, и в нем преобладают сильные межгодовые колебания. Однако на результат может повлиять ограничение продукции батиметрии на глубине 300 м.

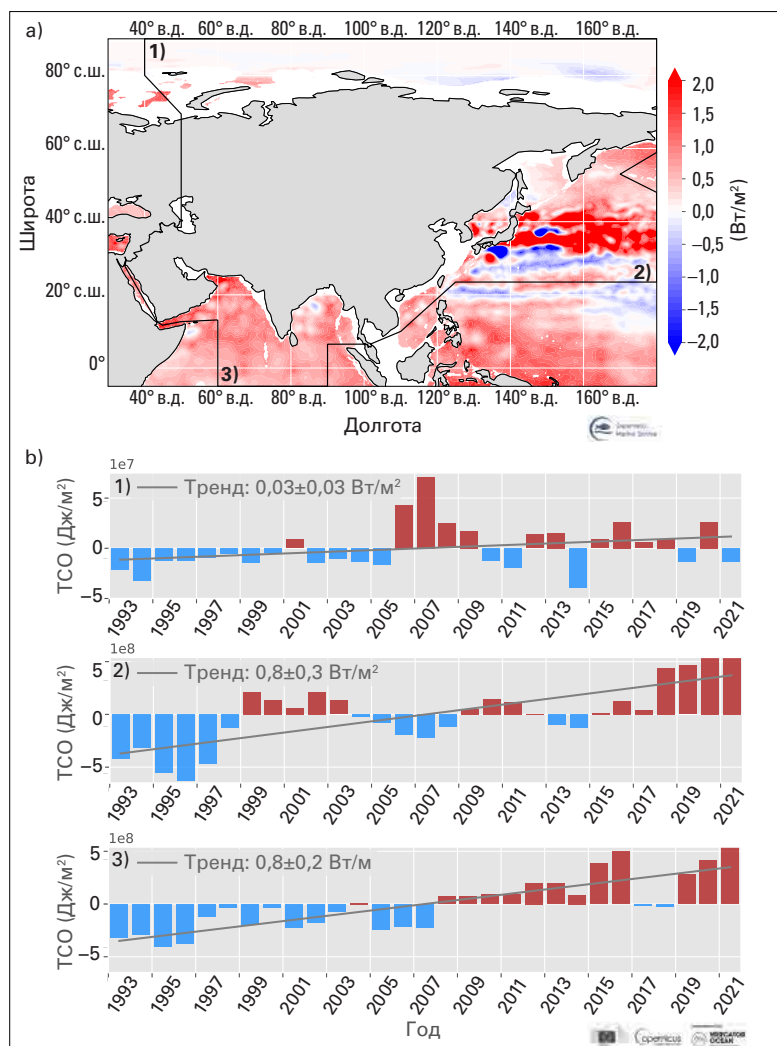


Рисунок 12.

а) Тренды теплосодержания океана (единицы измерения: ватты на квадратный метр, Вт/м^2) за период 1993–2021 гг., интегрированные от поверхности до глубины 700 м и рассчитанные на основе продукции *in situ*, загруженной с сайта <https://marine.copernicus.eu/> (название продукции: MULTI_OBS_GLO_PHY_TSUV_3D_MYNRT_015_012). Показатели темпов потепления океана на глубинах ниже 300 м замаскированы серым цветом из-за ограничений продукции.

б) Осредненные по площади временные ряды аномалий теплосодержания океана относительно базового периода 1993–2021 гг. (единицы измерения: джоуль на квадратный метр, Дж/м^2) для трех областей Региональной ассоциации II ВМО, очерченных черной линией в части а) рисунка, а именно:

- 1) и 2) областей северо-западной части Тихого океана и Индийского океана, соответственно; и
- 3) области Арктики к северу от 60° с. ш.

Линейный тренд за полный период обозначен серой линией.



УРОВЕНЬ МОРЯ

В 2021 году глобальный средний уровень моря продолжал повышаться в ответ на потепление океана (за счет теплового расширения) и таяние ледников, ледяных шапок и ледяных щитов. Однако темпы повышения не везде одинаковы. Темпы изменения уровня моря в Индийском океане, западной тропической части Тихого океана, южной части Тихого океана и северной среднеширотной части Тихого океана несколько выше среднемирового показателя, составляющего 3,3 мм в год (рисунок 13; таблица 1). С другой стороны, вдоль берегов Азиатской части Тихого океана темпы повышения близки к среднемировым. Наблюдаемые неоднородные региональные тренды уровня моря в основном обусловлены неоднородным тепловым расширением океана в сочетании с изменениями солёности в некоторых регионах^{29,30}. В таблице 1 приведены тренды уровня моря в прибрежной зоне за период с января 1993 года по декабрь 2021 года в шести субрегионах (выделены пронумерованными ячейками на рисунке 13).

Хотя региональные временные ряды уровня моря (не показаны) демонстрируют сильную межгодовую изменчивость, в основном обусловленную Эль-Ниньо/Южным колебанием (ЭНЮК), особенно в восточной части Индийского океана и тропической части Тихого океана, уровень моря во всех шести субрегионах демонстрирует статистически значимые тренды повышения со скоростью, в целом немного превышающей глобальную среднюю скорость, которая приближается к отметке 4 мм в год.

Таблица 1. Скорость осредненного по площади изменения уровня моря за период спутниковых измерений 1993—2021 гг. Субрегионы определены на рисунке 13.

Номер субрегиона	Область	Тренды скорости повышения уровня моря (мм в год)
1	Северо-западная часть Индийского океана	$3,78 \pm 0,1$
2	Северо-восточная часть Индийского океана	$3,84 \pm 0,1$
3	Юго-восточная часть Индийского океана	$3,79 \pm 0,1$
4	Море у восточного побережья Австралии	$3,65 \pm 0,1$
5	Западная тропическая часть Тихого океана	$3,94 \pm 0,1$
6	Северо-западная часть Тихого океана	$3,59 \pm 0,1$

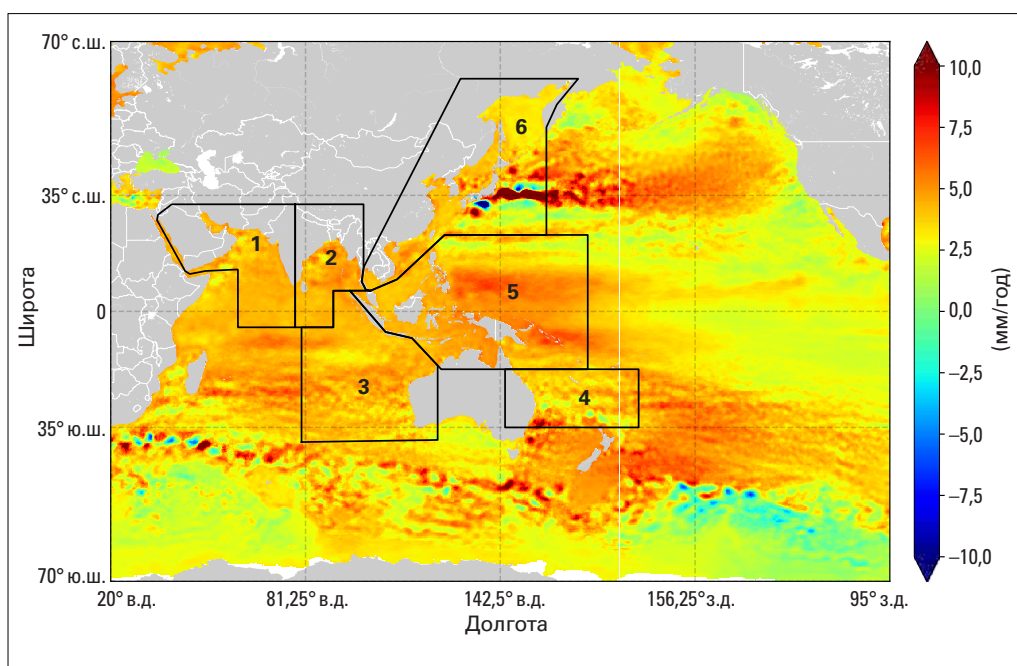


Рисунок 13. Пространственные закономерности в трендах уровня моря, которые наблюдались с помощью спутниковых альтиметров за период 1993—2021 гг. Ячейками выделены субрегионы, по которым темпы осредненного по площади изменения уровня моря представлены в таблице 1.

Источник: Служба по вопросам изменения климата в рамках программы «Коперник», C3S: <https://climate.copernicus.eu/sea-level>



ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ КЛИМАТА

Существует множество режимов естественной изменчивости, часто называемых конфигурациями климата или режимами климата, которые влияют на погоду в масштабах времени от нескольких дней до нескольких месяцев и даже десятилетий. Температура поверхности океана изменяется относительно медленно, поэтому повторяющиеся закономерности в температуре поверхности моря (ТПМ) можно использовать для понимания и, в некоторых случаях, для прогнозирования все более быстро меняющихся погодных режимов над территорией суши в сезонных временных масштабах. Аналогичным образом, хотя и более быстрыми темпами, известные изменения давления в атмосфере могут помочь объяснить определенные региональные погодные режимы.

ЭЛЬ-НИНЬО/ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ

Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНЮК) является одним из наиболее важных факторов, определяющих межгодовую изменчивость погодных режимов в Азии³¹. Ла-Нинья, как отрицательная фаза ЭНЮК, характеризующаяся ТПМ ниже средней в центральной и восточной частях Тихого океана и усилением пассатов, обычно оказывает охлаждающее влияние на глобальные температуры.

Условия Ла-Нинья возникли в середине 2020 года и достигли своего пика в течение бореальной осени с умеренной силой, при этом средняя температура поверхности моря была на 1,3 °C ниже нормы 1991—2020 гг. в зоне Ниньо 3.4 (5° с. ш. — 5° ю. ш.; 120° з. д. — 170° з. д.). Ла-Нинья ослабевала в течение первой половины 2021 года, достигнув нейтральных условий ЭНЮК (ТПМ в центральной и восточной частях Тихого океана — в пределах $\pm 0,5$ °C от нормы) с мая по август 2021 года. Однако после середины 2021 года ТПМ снизилась, и Ла-Нинья вновь возникла в октябре, достигнув умеренной силы в декабре (рисунок 14). Атмосферная циркуляция отреагировала на аномальные океанические условия и вызвала конвективную активность, которая привела к аномальным климатическим условиям над территорией Азии. Более влажные условия и холодная аномалия в районе полуострова Индокитай в апреле были признаками типичного влияния Ла-Нинья. Серия сильных снегопадов в районе Японского моря со стороны Японии с середины декабря 2020 года по начало января 2021 года также была обусловлена аномальной конвективной активностью над территорией Индонезии, связанной с преобладающими условиями Ла-Нинья³².

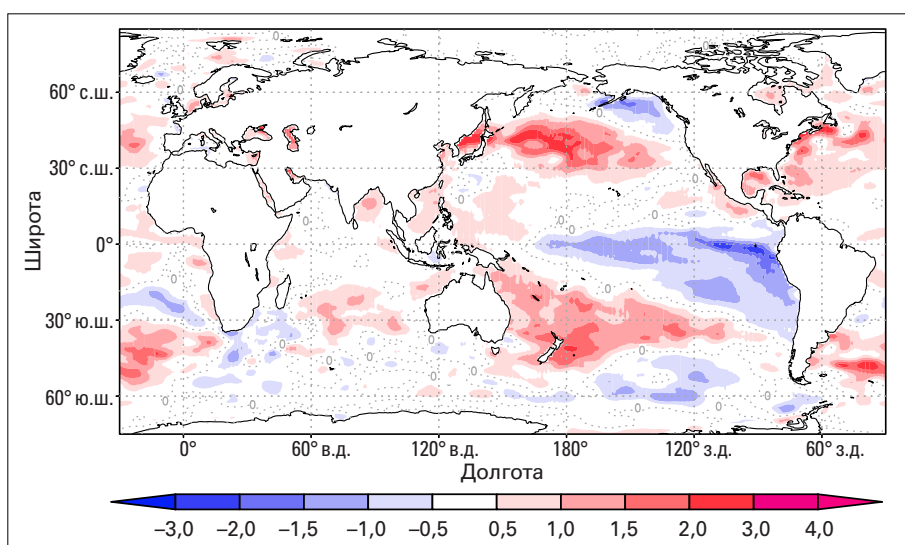


Рисунок 14. Глобальные аномалии ТПМ (°C) в декабре 2021 г. Аномалии определяются как отклонения от среднего значения за 1981—2010 гг.

Источник: Климатический центр Токио, Японское метеорологическое агентство



ИНДООКЕАНСКИЙ ДИПОЛЬ

Индоокеанский диполь (ИОД) является неотъемлемым и основным режимом изменчивости климата над Индийским океаном. Он характеризуется аномалиями ТПМ и связанными с ними противоположными по знаку конвективными аномалиями в восточной и западной тропической частях Индийского океана. В июле 2021 года наступила отрицательная фаза ИОД (которая характеризуется, с одной стороны, ТПМ выше нормы и усилением конвекции в юго-восточной части тропической зоны Индийского океана, а с другой стороны, ТПМ выше нормы в западной части), которая к концу года вернулась в нейтральный диапазон, хотя и склонялась в отрицательную сторону. В связи с этой отрицательной фазой ИОД центр конвективной активности был смещен к югу, и конвекция была подавлена над регионом азиатского летнего муссона. Более засушливые условия на полуострове Индокитай летом и дефицит осадков над территорией Индии, особенно в августе, были связаны с этой конвективной активностью, и поэтому их можно рассматривать как проявление условий отрицательной фазы ИОД. Эта аномальная конвекция также, вероятно, привела к смещению субтропического струйного течения к югу, что, как считается, создало благоприятные условия для восходящего потока и, как следствие, сильных дождей над западной и восточной частями Японии в августе (см. также «[Сильные осадки и наводнения](#)»).

АРКТИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ И ЗИМНИЙ МУССОН

Арктическое колебание (АК) — это крупномасштабная атмосферная модель, которая влияет на погоду по всему Северному полушарию. Индекс АК был отрицательным на протяжении большей части бореальной зимы 2020/21 года с самыми низкими значениями в феврале. Он характеризовался приземным давлением выше нормы над полярным регионом и давлением ниже нормы над прилегающими южными регионами. Вследствие этого в декабре и январе наблюдался сильный сибирский антициклон, что привело к более холодным, чем обычно, условиям над территорией Восточной Азии (см. также «[Влияние на экономику](#)»).

АЗИАТСКИЙ МУССОН

Азиатский летний муссон — это одна из самых известных муссонных систем в мире. Он также является ключевым фактором сезонных изменений атмосферной циркуляции и осадков (сухого и влажного сезонов) над территориями нескольких стран Южной и Восточной Азии. Осадки, связанные с азиатским летним муссоном, являются основным источником пресной воды в этих регионах.

В 2021 году восточно-азиатский летний муссон был сильнее нормы, а сезон Мейю/Байю/Чангма³³, который начался позже и закончился раньше нормы 1991—2020 гг., в целом был короче. Юго-западный муссон установился над северной частью Андаманского моря 21 мая и продвигался на север, установившись над южной оконечностью Индии 3 июня (обычная дата — 1 июня)³⁴. Хотя наблюдались большие внутрисезонные колебания, значение осадков в сезон юго-западного муссона над Индией было близко к норме, так как значение осадков в этот сезон составило 99 % от климатологической нормы за период 1961—2010 гг. (рисунок 15). Бангладеш, Пакистан и Шри-Ланка сообщили, что в сезон летнего муссона количество осадков значительно превысило норму.

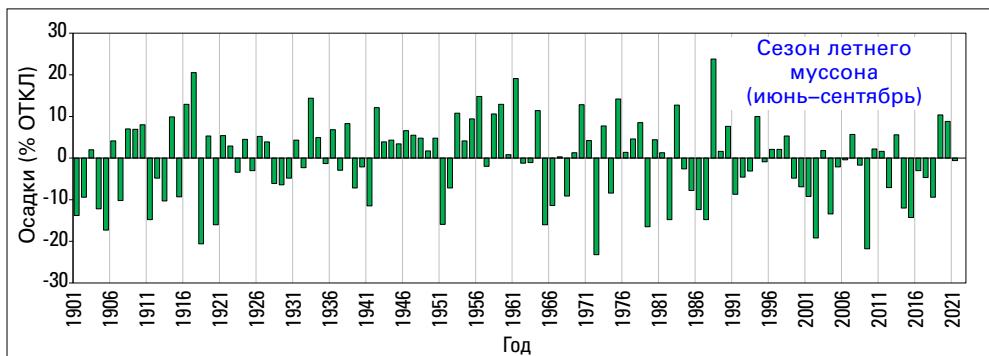


Рисунок 15. Временные ряды средневзвешенных по площади аномалий осадков над Индией (являются репрезентативными для Южной Азии) в сезон летнего муссона (с июня по сентябрь) за период 1901—2021 гг. Аномалии определяются как отклонение от среднего значения за 1961—2010 гг. (% ОТКЛ).

Источник: Региональный климатический центр (РКЦ), Пуна, Индия



Северо-восточный муссон, который приносит от 30 % до 50 % годового количества осадков над южной частью полуостровной Индии и Шри-Ланкой в целом, установился над южной частью полуостровной Индии в течение октября, а над Шри-Ланкой — в конце ноября. Сезонное количество осадков над южной частью полуостровной Индии в период северо-восточного муссона было исключительно выше нормы (171 % от среднего многолетнего значения) и было самым высоким (579,1 мм) с 1901 года. В течение сезона множество систем низкого давления (скорость ветра менее 17 узлов) сформировалось в южной и прилегающей центральной частях Бенгальского залива. Эти системы двигались в западном/северо-западном направлении и вызвали большое количество осадков.

АТМОСФЕРНЫЕ РЕКИ НАД АЗИЕЙ

Атмосферные реки (АР) — это длинные, узкие (шириной до нескольких сотен км), мелкие (глубиной до нескольких км) и нестационарные коридоры усиленного горизонтального переноса водяного пара, которые обычно связаны с низкоуровневым струйным течением перед холодным фронтом внетропического циклона. АР наиболее активны над океанами в средних широтах и играют важнейшую роль в глобальном переносе водяного пара от экватора к полюсу. На региональном уровне интенсивные потоки водяного пара в АР часто вызывают сильные осадки и затопления и играют ключевую роль в формировании водных ресурсов на суше вблизи мест выхода АР на побережье^{35,36,37,38,39,40}. Частота АР за период с 1979 по 2021 год (рисунок 16), полученная на основе данных реанализа ERA5⁴¹, показывает положительные тренды над регионами Восточной Азии и Южной Азии. В 2021 году частота АР в этих регионах была выше средней.

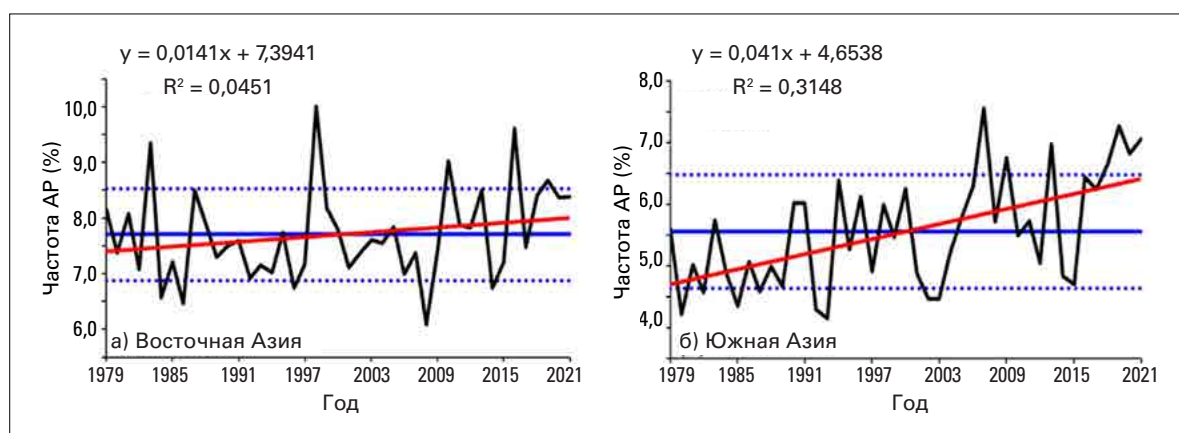


Рисунок 16. Годовая частота АР над регионами

а) Восточной Азии (111°в.д.—150°в.д., 21°с.ш.—54°с.ш.) и

б) Южной Азии (60° в.д. —109,5° в.д., 6° с.ш. — 30° с.ш.) за период с 1979 по 2021 год, полученная путем применения схемы обнаружения АР (Park et al. (2021)) к данным реанализа ERA5. Сплошная синяя линия показывает климатологическое среднее значение, а пунктирная синяя линия — диапазон для 95 %-ного уровня значимости. Красная сплошная линия показывает линейный тренд.



Экстремальные явления

ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ

СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ТИХОГО ОКЕАНА И ЮЖНО-КИТАЙСКОЕ МОРЕ

В 2021 году над северо-западной частью Тихого океана и Южно-Китайским морем сформировалось в общей сложности 22 тропических циклона (ТЦ) с максимальной устойчивой скоростью ветра ≥ 34 узлов, что является ниже нормы, составляющей 26 ТЦ (среднее значение за 1981—2010 гг.)⁴². В августе и сентябре, когда число формирований ТЦ обычно достигает максимума, конвекция была в основном неактивной над океаническими районами, где климатологически формируются многие ТЦ. Всего за этот период произошло 8 формирований ТЦ, что является ниже нормы, составляющей 11.

Тайфун *Ин-Фа* затронул Японию и материковый Китай и сопровождался проливными дождями, сильными ветрами и высокими волнами, что привело к затоплению обширных территорий. Он вышел на побережье центральной части Китая и с 22 июля по 1 августа принес от 700 до 900 мм осадков в северной части провинции Чжэцзян. Тайфун *Чанту*, второй по силе из 22 ТЦ в 2021 году, затронул Республику Корея и Японию. С 15 по 17 сентября на горе Халла на острове Чеджу было зарегистрировано 544 мм выпавших осадков. Тропический шторм *Дианму* обрушился на Вьетнам, затем ослаб и переместился в Лаосскую Народно-Демократическую Республику и Таиланд, вызвав сильные дожди, наводнения и оползни в этих странах. В Таиланде 25 сентября *Дианму* принес суточное количество осадков в объеме 362 мм в верхней части Таиланда в Пхайсали, в провинции Накхон Саван. Третьим по силе из 22 ТЦ в 2021 году стал тайфун *Рай*, который сформировался в декабре. После того как он достиг первого пика интенсивности и впоследствии прошел над центральной частью Филиппин, он достиг второго пика интенсивности с максимальной устойчивой скоростью ветра в 105 узлов над Южно-Китайским морем, вызвав паводки во Вьетнаме.

СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

В течение 2021 года над северной частью Индийского океана сформировалось пять штормовых циклонов с максимальной устойчивой скоростью ветра ≥ 34 узлов. Самым разрушительным оказался чрезвычайно сильный штормовой циклон *Тауктае* (14—19 мая), который сформировался в предмуссонный сезон над Аравийским морем и 17 мая пересек побережье Саураштры, унеся жизни более 140 человек на западе Индии. Циклон *Шакхин* сформировался из остатков циклона *Гулаб* в конце сентября. Циклон *Шакхин* вышел на северное побережье Омана 3 октября. В Аль-Хабуре и Аль-Сувайке, Оман, было зафиксировано наибольшее количество осадков — 369 мм и 300 мм 2 и 4 октября соответственно (см. также «[Пострадавшее население и ущерб](#)»). В Объединенных Арабских Эмиратах прошли небольшие или умеренные дожди, особенно в восточной и юго-восточной частях страны. Высота волн на восточном побережье Объединенных Арабских Эмиратов в эти дни значительно увеличилась из-за свежих сильных северо-восточных ветров.

СИЛЬНЫЕ ОСАДКИ И НАВОДНЕНИЯ

Что касается экстремальных значений суточных сумм осадков, то максимальные суммы осадков за пятидневный период были зарегистрированы в регионах, находящихся под влиянием южно- и восточно-азиатского муссонов и тропических штормов, таких как большинство горных хребтов и прибрежных регионов Южной и Юго-Восточной Азии. Самые высокие показатели

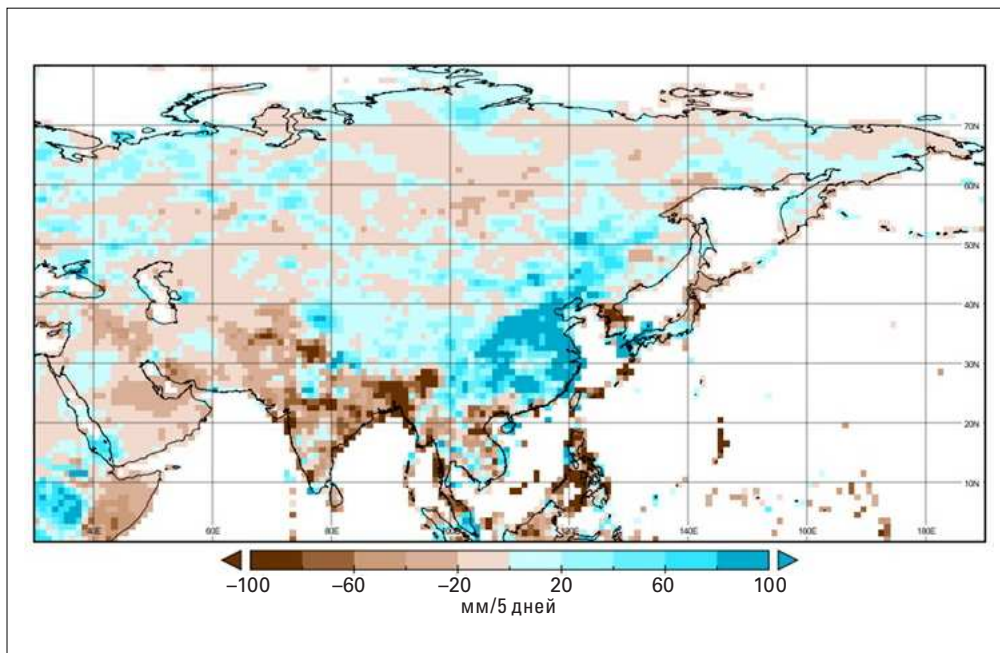


Рисунок 17. Аномалия RX5 в 2021 г. относительно 1982—2019 гг. Аномалии (мм/5 сут) (RX5)) максимальных сумм осадков за пятидневный период. Синим цветом указаны более экстремальные значения осадков по сравнению со средним многолетним значением, а коричневым цветом — менее экстремальные значения осадков по сравнению со средним многолетним значением.

Примечание: используемый здесь климатологический период — это полная длина глобального набора данных о суточных суммах осадков.

Источник: Глобальный центр климатологии осадков (ГЦКО), Метеорологическая служба Германии

наблюдались в высокогорном районе Южного Китая, а также в центральной и северной частях Китая, как показано темно-синим цветом на рисунке 17. В июле в центральных и северных районах Китая наблюдались сильные дожди, при этом максимально рекордные суммарные осадки были зафиксированы на 26 станциях, включая Чжэнчжоу в провинции Хэнань (851 мм). Среди этих экстремальных явлений в Чжэнчжоу наблюдалось максимальное *суточное* количество осадков — 624,1 мм, что близко к его *годовой* норме — 641 мм (см. также «[Влияние на экономику](#)»). В августе активные стационарные фронты с влажным воздухом принесли на запад Японии рекордное месячное количество осадков.

В муссонный сезон сильные дожди, связанные с ними паводки и оползни привели к жертвам в Непале (см. также «[Сельское хозяйство и продовольственная безопасность](#)») и Бутане. На станции Махабалешвар в Индии было зарегистрировано 480,0 мм осадков 22 июля и 594,4 мм 23 июля (см. также «[Пострадавшее население и ущерб](#)»). Рекордные проливные дожди также наблюдались в некоторых странах Юго-Восточной Азии. На агрометеорологической станции Такфа в провинции Накхон Саван, Таиланд, 25 сентября 2021 года был зарегистрирован новый суточный максимум осадков — 202,0 мм, что привело к затоплению более 50 000 домохозяйств.

ЗАСУХА

В течение 2021 года в ряде стран, в том числе в Западной Азии, Центральной Азии, Южной Азии и Юго-Восточной Азии, из-за большого дефицита осадков произошли значительные засухи. В январе и феврале в Исламской Республике Иран выпала почти половина среднего количества осадков, что привело к значительной засухе, уменьшению речного стока и снижению водообеспеченности для орошения. В Пакистане зарегистрирован третий наиболее засушливый февраль и пятый наиболее засушливый период январь-март за всю историю наблюдений. Более засушливые условия в регионе, например, в Пакистане, Исламской Республике Иран и Ираке, сохранялись и в течение бореального лета 2021 г.^{43,44,45}. В течение зимы 2020/21 года в Цзяннани и на юге Китая из-за высоких температур и недостатка осадков быстро развилась метеорологическая засуха от умеренной до сильной: в большинстве районов уровень осадков был на 50—80 % ниже нормы, причем в Хунани и Гуанси был зафиксирован самый низкий уровень осадков за аналогичный период с 1961 г., а в Гуандуне — второй самый низкий показатель (см. также «[Сельское хозяйство и продовольственная безопасность](#)»).



ВОЛНЫ ТЕПЛА И ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ

Температуры над азиатской частью Российской Федерации были исключительно высокими в период бореального лета; тогда был зафиксирован самый теплый август и самое теплое лето за всю историю наблюдений с 1936 года. Продолжительные волны тепла привели к интенсивным и масштабным лесным пожарам в Сибири, особенно в Якутском регионе (к концу лета в общей сложности в результате примерно 2300 пожаров было сожжено около 8,9 млн гектаров)⁴⁶. В Японии в северной части страны среднесезонные температуры летом были значительно выше нормы, а в регионе Хоккайдо среднемесячные температуры июля были самыми высокими за всю историю наблюдений. Эти рекордно высокие температуры от Сибири до северной части Японии были связаны с устойчивыми аномалиями антициклонической циркуляции в тропосфере над этими регионами. В Китае среднемесячная температура июля стала вторым самым высоким показателем июля с 1961 года (с начала регистрации данных наблюдений), а среднемесячная температура сентября стала самым высоким показателем сентября с 1961 года. В Гонконге, Китае, в 2021 году были зарегистрированы самые жаркие март, май и сентябрь за всю историю наблюдений. Поскольку с мая по середину октября погода была намного жарче нормы, в 2021 году в Гонконге были зарегистрированы 61 жаркая ночь (суточная минимальная температура $\geq 28,0$ °C) и 54 очень жарких дня (суточная максимальная температура $\geq 33,0$ °C). Оба этих показателя имели самые высокие годовые суммарные значения с начала наблюдений в 1884 году. В международном аэропорту Бахрейна суточная максимальная температура превышала 40 °C 21 день подряд (26 июля — 15 августа). На станции Даммам в Саудовской Аравии 13 августа 2021 года была зафиксирована температура 51,0 °C, ставшая самым высоким максимальным показателем за всю историю наблюдений в стране.

ДРУГИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Монголия пострадала от сильных ветров и пыльных бурь, которые пронесли по всей стране с 13 по 15 марта. Десять человек погибли и более 700 получили ранения. 12 марта пыльная буря также затронула Саудовскую Аравию и Оман. Многие метеостанции в Саудовской Аравии зафиксировали пыльные бури и низовые метели. Видимость сократилась до менее 1 км на многих метеостанциях в Саудовской Аравии и до 20 метров в международном аэропорту Бахрейна, где была зафиксирована самая высокая максимальная скорость порыва ветра (52 узла) за март с 1974 года (см. также «[Пострадавшее население и ущерб](#)»). В середине июня еще одна пыльная буря, вызванная северными ветрами, проникла в Саудовскую Аравию через западные районы Объединенных Арабских Эмиратов, а затем переместилась в некоторые внутренние районы страны. Считается, что местом происхождения этой пыли, которая распространилась на Бахрейн, Катар и внутреннюю часть Объединенных Арабских Эмиратов, был регион Ирака.

В течение бореального лета 2021 года засушливые условия и резкое сокращение осадков привели к высыханию озера Хамун в восточной части Исламской Республики Иран. Сильные северные летние ветры, известные как «120-дневный ветер», подняли больше песка, чем обычно, и регион чаще, чем обычно, подвергался сильным пыльным бурям. Сильная пыльная буря обрушилась на прибрежный город Карачи, Пакистан, после того как тропический циклон *Тауктае* пересек индийское побережье.

В Индии в последние годы поражение молнией во время грозы являются одной из главных причин смертности. В 2021 году грозы и молнии унесли около 800 жизней в разных частях страны. 12 июля более 70 человек погибли от ударов молний в Раджастхане, Уттар-Прадеше и Мадхья-Прадеше.



УСТРАНЕНИЕ ПРОБЕЛОВ В НАБЛЮДЕНИЯХ

Хотя доказательства изменения климата в Азии неоспоримы, последние доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) показывают, что остаются значительные пробелы в наблюдениях за некоторыми переменными на континенте, особенно за осадками. Имеющиеся в настоящее время пробелы в глобальном обмене данными наземных наблюдений существенно влияют на качество информации о погоде и климате на местном, региональном и глобальном уровнях. В то время как некоторые регионы мира обеспечивают надежную передачу этих данных, многие другие регионы предоставляют лишь ограниченный объем, а в некоторых случаях объем передаваемых данных даже сокращается.

В 2019 году Всемирный метеорологический конгресс и его 193 страны и территории, являющиеся Членами ВМО, договорились о создании [Глобальной опорной сети наблюдений](#) (ГОСН). ГОСН является знаковым соглашением и предлагает новый подход, при котором проектирование, формирование и мониторинг опорной наземной сети наблюдений за погодой осуществляются на глобальном уровне.

Для достижения устойчивого соответствия требованиям ГОСН во многих странах необходимы значительные инвестиции, укрепление потенциала и долгосрочные ресурсы для осуществления эксплуатации и технического обслуживания. С этой целью был создан [Фонд финансирования систематических наблюдений](#) (ФФСН) для предоставления технической и финансовой помощи новыми более эффективными способами, которые обеспечивают: i) применение согласованных на международном уровне метрик для управления инвестициями, ii) использование долгосрочного устойчивого обмена данными в качестве меры успеха и iii) создание местных преимуществ при обеспечении глобального общественного блага.

Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК), которая обеспечивает оперативную основу для интеграции и расширения систем наблюдений участвующих стран и организаций, регулярно проводит обзор состояния глобальных климатических наблюдений и публикует отчеты о полученных результатах. В последнем *Отчете о состоянии ГСНК* (ГСНК-240)¹, опубликованном в 2021 г., освещены последние улучшения глобальных возможностей наблюдений и определены проблемы и пробелы в системах наблюдений.

Например, в отчете отмечается, что наиболее острая необходимость устранения пробелов в наблюдениях за ледниками существует в регионах, где ледники оказывают преобладающее влияние на сток в теплые/засушливые сезоны, например, в Центральной Азии. Кроме того, в регионе с самой большой покрытой ледниками площадью в Азии, Каракоруме, ни один из ледников не подвергается регулярному мониторингу. Это приводит к огромным пробелам в понимании процессов и сопутствующим высоким неопределенностям в моделировании будущей эволюции ледников. Существуют также некоторые большие пространственные пробелы в мониторинге многолетней мерзлоты, особенно в центральной части Сибири.

Подповерхностные измерения океанов имеют решающее значение для мониторинга и прогнозирования состояния климатической системы. Хотя с 2000 года неопределенность в энергетическом бюджете Земли существенно уменьшилась благодаря разворачиванию системы Арго (которая собирает данные изнутри Мирового океана), все еще имеются большие пробелы. Решение руководящей группы Арго о расширении программы Арго на всю толщу воды и под морским льдом, включая биогеохимические переменные, а также разворачивание повторной гидрографии, разворачивание и интеграция стационарных и других автономных платформ наблюдений - все это направлено на устранение этих пробелов.

План осуществления ГСНК 2022 г. (ГСНК-244)² направлен на устранение этих пробелов путем обеспечения ряда высокоприоритетных мер, которые, в случае их осуществления, улучшат глобальные наблюдения за климатической системой и наше понимание того, как она изменяется.

¹ Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК). [Глобальная система наблюдений за климатом в 2021 г.](#): Отчет о состоянии ГСНК (ГСНК-240); Всемирная метеорологическая организация: Женева, 2021 г.

² Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК). [План осуществления ГСНК 2022 г.](#) (ГСНК-244); Всемирная метеорологическая организация: Женева, 2022 г.

Воздействия и риски, связанные с климатом

Воздействия изменения климата и растущее неравенство между странами и внутри них подрывают прогресс в реализации повестки дня в области устойчивого развития. Кроме того, экстремальные погодные условия и более частые и тяжелые бедствия усугубляют ситуацию с отсутствием продовольственной безопасности и ухудшают безопасность и здоровье людей, вынуждая многие сообщества страдать от нищеты, вынужденного перемещения и растущего неравенства.

ПОСТРАДАВШЕЕ НАСЕЛЕНИЕ И УЩЕРБ

В 2021 году в Азии произошло более 100 опасных природных явлений, из которых более 80 % были паводки и штормы. В результате этих явлений погибло почти 4000 человек, из них около 80 % стали жертвами наводнений. В целом, от этих опасных явлений непосредственно пострадали 48,3 миллиона человек, а общий экономический ущерб составил 35,6 миллиарда долларов США. В то время как паводки привели к наибольшему числу погибших и наибольшему экономическому ущербу, от засухи в регионе пострадало наибольшее число людей (рисунок 18).

В 2021 году стихийным бедствием, оказавшим наибольшее воздействие на Азию с точки зрения человеческих жертв и экономического ущерба, было наводнение. Паводки в Индии, Китае и Афганистане привели к наибольшему количеству жертв, что подчеркнуло высокий уровень уязвимости Азии, особенно перед паводками. В этот период произошли следующие заметные события:

- **Паводки, Индия:** в муссонный сезон с июня по сентябрь Индия столкнулась со смертоносными паводками. Сильные ливни и быстроразвивающиеся паводки унесли жизни около 1300 человек, а ущерб от повреждения посевов и имущества составил 3,1 миллиарда долларов США. Однако после быстрого реагирования властей более 430000 человек были эвакуированы в безопасные места⁴⁷ (см. также «Сильные осадки и наводнения»).



Рисунок 18. Обзор бедствий в Азиатском регионе в 2021 году.

Источник: расчеты ЭСКАТО ООН на основе данных EM-DAT, дата просмотра — 30 апреля 2022 г.

Примечание: Экономический ущерб от некоторых стихийных бедствий не представлен на диаграмме из-за отсутствия данных. ЭСКАТО — Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана; EM-DAT — Международная база данных о чрезвычайных ситуациях



- **Циклон *Шахин*, Оман:** этот циклон, возникший в результате тропической активности в Бенгальском заливе, проследовал в западном направлении над территорией Индии и вышел на сушу в Омане в октябре 2021 года. Это был первый за 130 лет шторм, который проследовал с востока Индийского субконтинента к Оманскому заливу и обрушился на северо-восточное побережье. Основными обуславливающими факторами были повышение температуры поверхности моря и благоприятные условия окружающей среды⁴⁸. Интенсивные дожди в сочетании с разнообразными формами рельефа Омана привели к широкомасштабному наводнению. В отчетах Генерального директората по метеорологии Омана отмечается, что в результате наводнений в Омане погибли шесть человек, а экономический ущерб составил около 80 миллионов долларов США (см. также «Тропические циклоны»).
- **Песчаные и пыльные бури, Саудовская Аравия и Кувейт:** песчаные и пыльные бури (ППБ) представляют собой растущую проблему в регионе. В марте 2021 года ППБ повлияли на видимость в северной части Саудовской Аравии и Кувейте и совпали с пандемией COVID-19. Поскольку известно, что ППБ вызывают респираторные заболевания, рост числа случаев заболевания COVID-19 связывали с бурями, причем в Эр-Рияде число случаев увеличилось на 34 %⁴⁹, а в Кувейте — на 18 %⁵⁰. Исламская Республика Иран также подверглась воздействию ППБ в 2021 году (см. также «Другие экстремальные явления»).

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Азия является одним из регионов с наибольшим числом людей, сталкивающихся с тяжелой формой отсутствия продовольственной безопасности. Согласно *Global Report on Food Crises 2022* (Глобальный доклад о продовольственных кризисах 2022 г.) в 2021 году три из десяти стран с наибольшим числом людей, оказавшихся в кризисной или более тяжелой ситуации, находились в Азии⁵¹. Вызванные изменением климата экстремальные метеорологические явления усугубляют эту уязвимость.

В Афганистане из-за продолжительной засухи и проблем в экономике 47 % населения испытывали высокий уровень острой формы отсутствия продовольственной безопасности. Уменьшение количества осадков в течение влажного сезона и снижение образования снежного покрова повлияли на доступность воды для сельскохозяйственных культур в 2021 г., что привело к ограничению доступа к продовольствию по сравнению с другими годами (см. также «Осадки»)⁵².

Белуджистан, Пакистан, также является засушливой зоной с высокой степенью зависимости от осадков. В период с апреля по ноябрь 2021 года пред- и постзимний дефицит осадков в этом регионе привел к состоянию, схожему с засухой⁵³ (см. также «Засуха»). Одновременно с этим высокие цены на продовольствие и топливо, болезни скота и последствия пандемии COVID-19 привели к ухудшению положения в области продовольственной безопасности⁵⁴. По оценкам, в период с марта по июнь 2021 года примерно 571 000 человек столкнулись с кризисным уровнем отсутствия продовольственной безопасности и около 185 000 человек — с чрезвычайным уровнем. В общей сложности от засухи пострадали почти 1,18 миллиона человек⁵⁵.

В октябре в Непале прошел внезапный ливневый дождь, который привел к значительным потерям сельскохозяйственной продукции, человеческих жизней и имущества. Эти осадки выпали в конце сезона сбора урожая и, по оценкам, затронули до 80 % урожая⁵⁶ (см. также «Сильные осадки и наводнения»).



ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИКУ

Сравнение экономических потерь от стихийных бедствий в 2021 году со средним показателем за последние 20 лет показывает, что ущерб от большинства видов бедствий увеличивается (рисунок 19). В частности, экономический ущерб от засухи увеличился на 63 %, от паводков — на 23 %, а от оползней — на 147 % по сравнению со средним показателем за 2001—2020 гг. В 2021 году наводнения нанесли наибольший экономический ущерб в Китае (18,4 миллиарда долларов США), за ним следуют Индия (3,2 миллиарда долларов США) и Таиланд (0,6 миллиарда долларов США). Штормы также нанесли значительный экономический ущерб, особенно в Индии (4,4 миллиарда долларов США), Китае (3,0 миллиарда долларов США) и Японии (2 миллиарда долларов США). Экстремальные явления аномальной жары оказывают воздействие на страны всего мира, вызывая тепловой стресс. Если предположить, что к концу XXI века повышение глобальной температуры составит 1,5 °C, то по оценкам Международной организации труда (МОТ)⁵⁷ к 2030 году из-за теплового стресса будет потеряно 2,2 % общего рабочего времени. Учитывая роль региона как экономического центра обрабатывающего производства, воздействие экстремальных явлений аномальной жары, вызванных изменением климата, будет крайне разрушительным для экономики региона и будет иметь глобальные последствия.

Серия сильных паводков, вызванных чрезмерными осадками, затронула провинцию Хэнань и автономный район Внутренняя Монголия Китая. В результате погибло около 350 человек, и еще больше людей считались пропавшими без вести. Сильные паводки нанесли общий ущерб на сумму более 16,5 миллиардов долларов США и затронули более 14,5 миллионов человек. Кроме того, было разрушено 30 600 домов, и множество других объектов инфраструктуры также пострадали от паводковых вод⁵⁸. Более 876 000 гектаров сельскохозяйственных угодий пострадали в результате явлений, вызванных проливными дождями (см. также «Сильные осадки и наводнения»)⁵⁹.

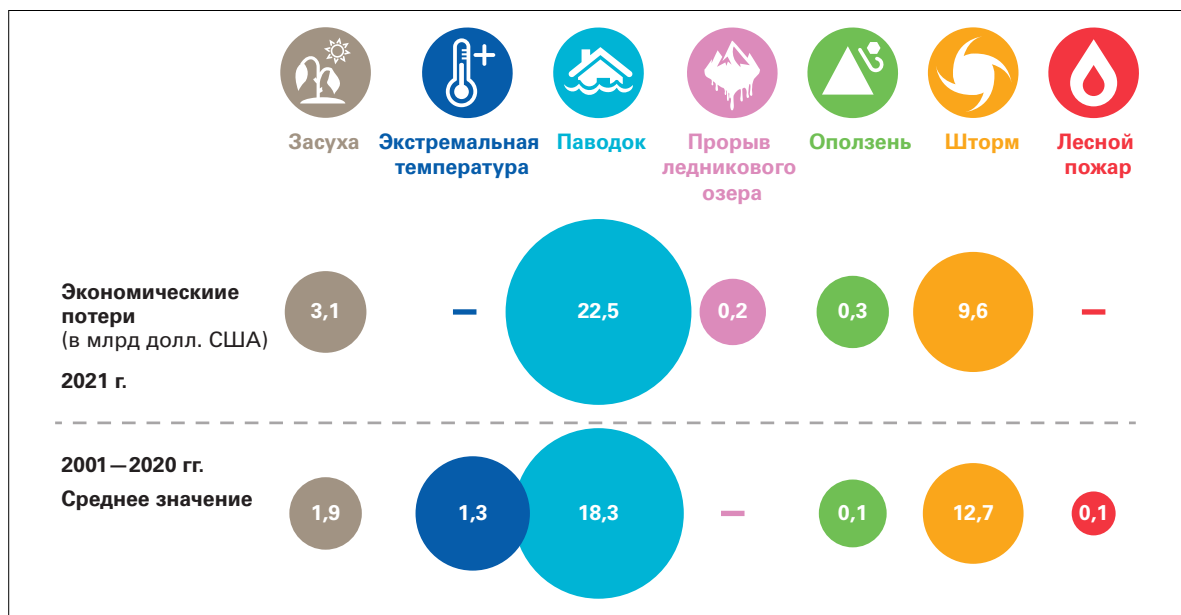


Рисунок 19. Экономические потери в Азии в результате бедствий в 2021 г. по сравнению со средним показателем за 20 лет (2001—2020 гг.).

Источник: расчеты ЭСКАТО ООН на основе данных EM-DAT, дата просмотра — 30 апреля 2022 г.

Примечание: на диаграмме не представлен экономический ущерб от некоторых стихийных бедствий из-за отсутствия данных.



С конца июля по начало августа 2021 года проливные дожди и широкомасштабное наводнение затронули Йемен, нанеся ущерб инфраструктуре и разрушив дома и убежища. Некоторые крупные повреждения инфраструктуры включали повреждение моста, связывающего мухафазу Лахдж с городом Таиз, разрушение двух плотин и приостановку работы нескольких больничных отделений в городе Сана⁶⁰. Ущерб частной собственности и другим строениям был нанесен в трети районов Йемена и в 18 мухафазах⁶¹. Кроме того, были повреждены основные и второстепенные дороги, ремонт которых уже был просрочен, что еще больше затруднило доступ граждан к основным товарам и услугам⁶².

7 января 2021 года на острове Хоккайдо и в центральной и северной частях острова Хонсю в Японии наблюдалась суровая погода, в том числе обильные снегопады, экстремально низкие температуры и сильные ветры. В предварительных правительственных отчетах отмечено 410 катаклизмов, связанных со стихийными бедствиями, а экономический ущерб сельскому, лесному и рыбному хозяйству составил почти 12 миллиардов японских иен⁶³.

Политика повышения климатической устойчивости и адаптации к изменению климата

ПОЛИТИКА И ДЕЙСТВИЯ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА

Парижское соглашение, принятое в 2015 г.⁶⁴, определяет адаптацию как глобальную задачу. В нем определена глобальная цель в области адаптации, которая заключается в повышении адаптационного потенциала, укреплении устойчивости и снижении уязвимости к изменению климата. Спустя семь лет после его принятия в Шестом оценочном докладе МГЭИК отмечается, что планирование и осуществление адаптации продолжает развиваться: по меньшей мере 170 стран включили адаптацию в свою политику и процессы планирования, внедрили инструменты поддержки принятия решений и климатическое обслуживание⁶⁵.

По состоянию на июнь 2022 года 194 Стороны, из которых 31 — из Азии, представили определяемые на национальном уровне вклады (ОНУВ). Смягчение последствий изменения климата является приоритетом для всех Сторон в этом регионе, что отражено в их ОНУВ. В них в качестве наиболее приоритетных областей сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) выделяются энергетика, отходы, сельское хозяйство и землепользование/изменения в землепользовании/лесное хозяйство (ЗИЗЛХ). Что касается обязательств по сокращению выбросов ПГ, некоторые Стороны в регионе усилили свои целевые показатели, хотя необходимо сделать еще больше для того, чтобы удержать повышение глобальной температуры в регионе и мире в пределах 1,5 °С. Кроме того, 90 % Сторон в Азии в своих ОНУВ уделили адаптации первостепенное внимание, при этом большинство из них выделили следующие наиболее приоритетные области адаптации: вода; сельское хозяйство и продовольственная безопасность; экосистемы и биоразнообразие; и здравоохранение (рисунок 20). Более 80 % Сторон в регионе в своих ОНУВ уделили первостепенное внимание деятельности, связанной с климатическим обслуживанием⁶⁶, в областях, показанных на рисунке 20, причем большинство из них — это наименее развитые страны (НРС) и малые островные развивающиеся государства (МОСТРАГ).

Однако все еще существуют пробелы между текущими уровнями адаптации и уровнями, необходимыми для реагирования на климатические риски и воздействия. В *Asia-Pacific*

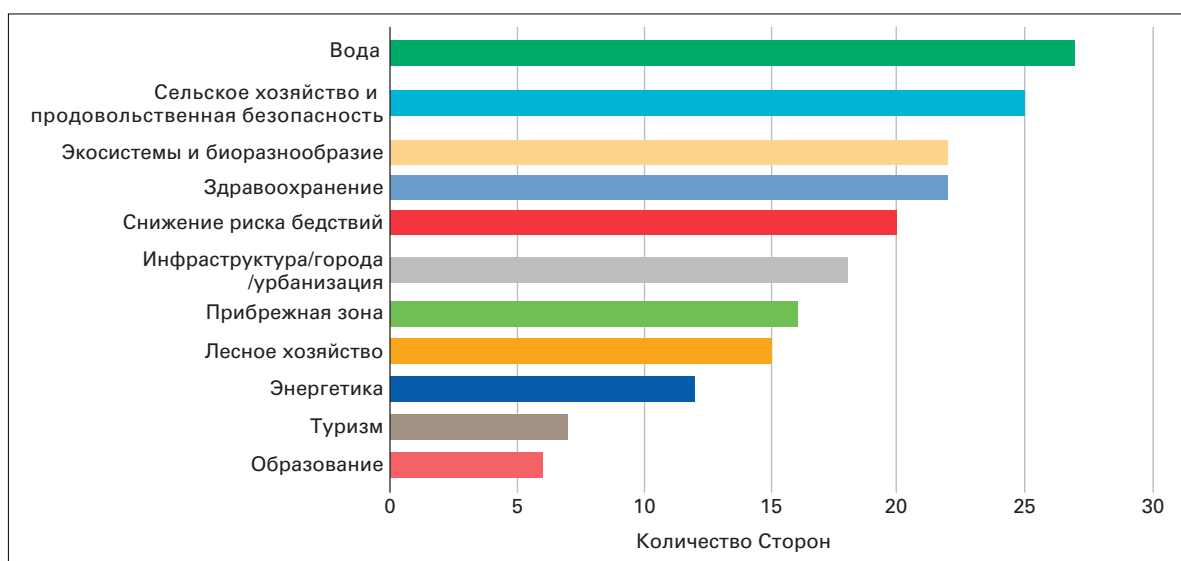


Рисунок 20. Приоритетные области адаптации для региона Азии.

Источник: анализ ВМО ОНУВ 31 Стороны в Азии за период с 2016 г. по март 2022 г., обновленный в июне 2022 г.



Disaster Reports 2021 and 2022 (Доклады о бедствиях в Азиатско-Тихоокеанском регионе за 2021 и 2022 годы)⁶⁷ содержатся оценки ежегодных затрат на адаптацию к опасным климатическим явлениям и биологическим опасностям⁶⁸ в каждой стране в рамках сценария изменения климата RCP 8.5 (то есть будущее с высоким уровнем выбросов парниковых газов без эффективной политики смягчения воздействий изменения климата, использованный при оценке в Пятом оценочном докладе МГЭИК⁶⁹). Самые высокие затраты на адаптацию в Азии оцениваются для Китая — 188,8 млрд. долларов США, за ним следуют Индия — 46,3 млрд. долларов США и Япония — 26,5 млрд. долларов США. В процентном отношении к валовому внутреннему продукту (ВВП) страны самые высокие затраты оцениваются для Непала — 1,9 % ВВП, за ним следуют Камбоджа — 1,8 % и Индия — 1,7 %.

Ключевой движущей силой политических мер является задача по реализации глобальной Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, состоящей из 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР). В публикации *Asia and the Pacific SDG Progress Report 2022* (Азиатско-тихоокеанский доклад о прогрессе в деле достижения целей в области устойчивого развития 2022 г.), подготовленной Экономической и социальной комиссией ООН для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО), показано, что ни одна из целей не была достигнута в полной мере⁷⁰. По факту Цель 13 «Действия по борьбе с изменением климата» продолжает демонстрировать обратную тенденцию. Наблюдается недостаточный прогресс в достижении таких целевых показателей, как 13.1.1 о числе погибших, пропавших без вести и пострадавших непосредственно в результате бедствий и 13.1.2 о принятии и реализации национальных стратегий снижения риска бедствий.

ВОЗМОЖНОСТИ ЧЛЕНОВ: КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЗАБЛАГОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

В Азии за период 1970—2019 гг. около 3500 зарегистрированных бедствий привели к гибели почти 1 000 000 человек, а экономические потери составили 1,2 триллиона долларов США. Большая часть этих бедствий была связана с паводками (45 %) и штормами (36 %). Штормы имели самые губительные воздействия, унеся 72 % жизней, в то время как паводки причинили наибольший экономический ущерб (57 %) (рисунок 21). В частности, за период с 1970 по 2019 год более 1 500 связанных с паводками бедствий привели к гибели почти 230 000 человек, а экономический ущерб в Азии составил 683 миллиарда долларов США. Эти показатели довольно высоки по сравнению с другими регионами⁷¹.

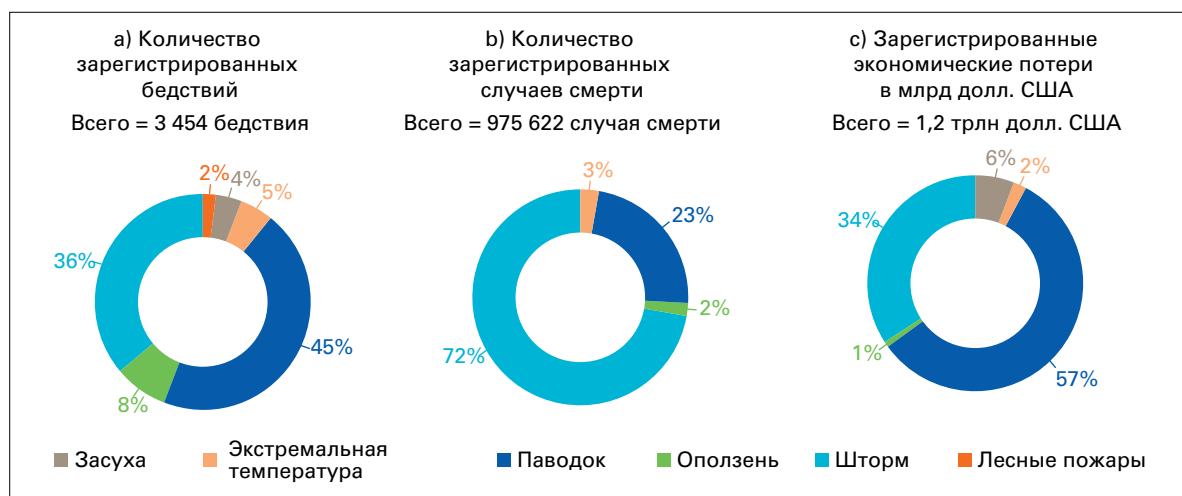


Рисунок 21. Обзор связанных с погодой, водой и климатом бедствий, человеческих и экономических потерь, зарегистрированных в Азии (1970—2019 гг.).

Источник: *2021 State of Climate Services: Water* (Состояние климатического обслуживания в 2021 году: вода) (WMO-№. 1278)



Рисунок 22. Сдерживание распространения гуманитарных кризисов путем упреждающих действий.

Источник: Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО)

В этом контексте и на основе пяти приоритетных задач в области адаптации, выделенных Глобальной комиссией по адаптации⁷² и характеризующихся высокими инвестиционными затратами и выгодами, можно определить наивысшие приоритеты адаптации с учетом ландшафта рисков в Азии. В Азии основными приоритетными задачами в области адаптации являются укрепление систем заблаговременных предупреждений и строительство новой устойчивой инфраструктуры, за которыми следуют повышение устойчивости управления водными ресурсами, улучшение производства сельскохозяйственных культур в засушливых районах и внедрение решений, основанных на природных факторах. Инвестиции в эти политические меры ускорят прогресс в достижении многих ЦУР, а также принесут межсекторальные выгоды, которые согласуются с обязательствами в рамках ОНУВ и национальных планов в области адаптации (НПА) стран Азии.

В 2021 году паводки и штормы привели к наибольшему числу смертей, а также наибольшим экономическим потерям в Азии (рисунок 18). Укрепление систем заблаговременных предупреждений может сыграть решающую роль в принятии упреждающих мер, повышении готовности и снижении воздействия этих опасных явлений, как указано на рисунке 22. Системы заблаговременных предупреждений не только защищают жизни людей и средства к существованию, но и помогают защитить достижения в области развития в долгосрочной перспективе⁷³.

Данные ВМО по 24 странам, по которым имеются сведения, показывают, что большинство Членов (50 %) в регионе предоставляют климатическое обслуживание на среднем уровне, а 17 % Членов предоставляют климатическое обслуживание на базовом уровне (по состоянию на 16 июня 2022 г.).

Два Члена в этом регионе сообщают о недостаточном комплексном обслуживании прогнозами речных паводков, а девять Членов предоставляют такое обслуживание на уровне полного/продвинутого потенциала. Десять Членов указывают на недостаток комплексных систем прогнозирования засухи, а четыре Члена предоставляют обслуживание предупреждениями о засухе на уровне полного/продвинутого потенциала. Кроме того, только пять Членов указали,

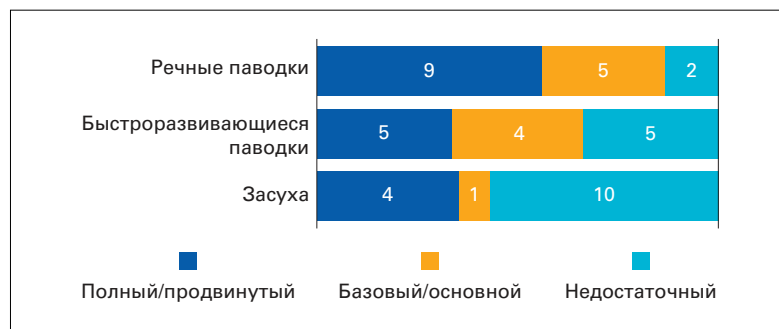


Рисунок 23. Число Членов ВМО в Азии, которые предоставляют заблаговременные предупреждения населению, подверженному риску, в разбивке по типам опасных явлений на основе данных, предоставленных Членами ВМО. Потенциал Членов распределен по следующим категориям: недостаточный (0—33 %), базовый/основной (34—66 %) и полный/продвинутый (67—100 %) в соответствии с расчетной процентной долей подверженного риску населения, которое получает заблаговременные предупреждения. Примечание: для каждого типа опасного явления под категорию «Недостаточный» попадают Члены (предоставившие данные), сообщившие об отсутствии комплексных систем заблаговременных предупреждений (СЗП) для данного типа опасного явления, а также Члены, чьи комплексные СЗП охватывают не более 33 % населения, подверженного риску⁷⁴.

что предоставляют предупреждения о быстроразвивающихся паводках на уровне полного/продвинутого потенциала, несмотря на то, что быстроразвивающиеся паводки относятся к наиболее распространенным бедствиям, связанным с погодой, водой и климатом, в регионе (рисунок 23).

Существенное увеличение наличия и доступа к системам заблаговременных предупреждений и информации о снижении риска бедствий является ключевой целью Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015—2030 годы⁷⁵. Как показано на рисунке 23, по-прежнему имеются возможности для улучшения ситуации с развертыванием полностью оперативных систем заблаговременных предупреждений о речных паводках, быстроразвивающихся паводках и засухе. Следует отметить, что данные были получены только от очень ограниченного числа Членов ВМО, и имеется существенная потребность в улучшенных данных, поступающих от всех Членов в регионе, для получения более четкого представления о пробелах и нуждах в будущем. Однако также существует очевидная необходимость уделения приоритетного внимания развитию систем заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях и климатических прогнозов не только для борьбы с опасными природными явлениями и достижения ЦУР 13 (Действия по борьбе с изменением климата), но и для ускорения прогресса в достижении многих других сопутствующих ЦУР, в том числе Цели 1 (Ликвидация нищеты), Цели 2 (Ликвидация голода), Цели 3 (Хорошее здоровье и благополучие), Цели 9 (Индустриализация, инновации и инфраструктура) и Цели 11 (Устойчивые города и населенные пункты). С учетом этой цели создан Портал ЭСКАТО ООН по вопросам риска и повышения устойчивости в Азиатско-Тихоокеанском регионе⁷⁶ для поддержки мониторинга и достижения ЦУР, связанных с климатом и бедствиями. Портал ставит целью укрепление потенциала Членов в Азиатско-Тихоокеанском регионе для выявления «горячих точек» риска многих опасных явлений, оценки экономических потерь в результате каскадных опасных явлений в настоящих и будущих сценариях изменения климата на страновом, субрегиональном и региональном уровнях и инвестирования в основные меры по обеспечению устойчивости в целях адаптации.

Основа наблюдений для мониторинга климата

Мониторинг климата осуществляется сетью систем наблюдений, охватывающих атмосферу, океан, гидрологию, криосферу и биосферу. Мониторинг каждой из этих областей осуществляется различными способами целым рядом организаций. Спутниковые наблюдения, охватывающие все эти области, вносят существенный вклад в глобальный мониторинг климата.

В 1992 году ВМО, Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Международный совет по науке (МСН) совместно создали Глобальную систему наблюдений за климатом (ГСНК) для координации и содействия развитию и улучшению глобальных климатических наблюдений. ГСНК определила набор важнейших климатических переменных (ВКлП)⁷⁷, которые в совокупности дают информацию, необходимую для понимания, моделирования и прогнозирования траектории климата, а также планирования стратегий смягчения воздействий и адаптации.

ВКЛП — это физические, химические или биологические переменные, или группа связанных переменных, которые вносят решающий вклад в описание характера климатической системы Земли и включают атмосферные, океанические и наземные компоненты. В настоящее время ГСНК определены 54 ВКЛП (см. рисунок 24).

Наборы данных о ВКлП содержат эмпирические данные, необходимые для понимания и прогнозирования эволюции климата, руководства мерами в области смягчения воздействий и адаптации, оценки рисков и обеспечения возможности установления причин, лежащих в основе климатических явлений, а также поддержки климатического обслуживания. Они необходимы для поддержки работы Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) и МГЭИК.

Атмосфера	Поверхность	Океан	Физические	Суша	Гидрология
	Осадки, приземное давление, баланс поверхностного излучения, скорость и направление приземного ветра, температура поверхности, водяной пар у поверхности		Тепловой поток на поверхности океана, морской лед, уровень моря, состояние моря, соленость поверхности моря, температура поверхности моря, подповерхностные течения, соленость подповерхностного слоя, температура подповерхностного слоя		Подземные воды, озера, речной сток, почвенная влага
	Верхние слои атмосферы		Биохимические		Криосфера
	Баланс излучения Земли, молнии, температура верхних слоев атмосферы, скорость и направление ветра в верхних слоях атмосферы		Неорганический углерод, закись азота, цвет океана, кислород, подвижные трассеры		Ледники, ледовые щиты и шельфовые ледники, многолетняя мерзлота, снег
	Состав		Биологические/экосистемы		Биосфера
	Характеристики аэрозолей, углерод диоксид, метан и другие парниковые газы, характеристики облаков, озон, прекурсоры аэрозолей и озона		Характеристики морского ареала обитания, планктон		Биомасса на земной поверхности, альbedo, пожары, доля поглощенного фотосинтетически активного излучения, почвенно-растительный покров, температура поверхности почвы, скрытые и явные тепловые потоки, индекс листовой поверхности, почвенный углерод
					Использование природных ресурсов человеком
					Потоки парниковых газов, вызванные деятельностью человека, антропогенное воздействие на водопользование

Рисунок 24. Определенные ГСНК важнейшие климатические переменные

Наборы данных

ТЕМПЕРАТУРА

При расчете региональной температуры использовались шесть наборов данных (приведены ниже).

Аномалии средней региональной температуры были рассчитаны относительно базовых уровней 1961—1990 гг. и 1981—2010 гг. с помощью следующих шагов:

1. Считать набор данных с географической привязкой;
2. Скорректировать сетку, приведя данные к разрешению 1° широты $\times$ 1° долготы. Если данные в узлах сетки имеют более высокое разрешение, то взять среднее значение ячеек сетки в пределах каждой ячейки сетки $1^\circ \times 1^\circ$. Если данные в узлах сетки имеют более низкое разрешение, то скопировать значение ячейки сетки низкого разрешения в каждую ячейку сетки $1^\circ \times 1^\circ$, которая находится в пределах ячейки сетки низкого разрешения;
3. Для каждого месяца рассчитать среднее значение по региону, используя только те ячейки сетки $1^\circ \times 1^\circ$, центры которых находятся в пределах региона;
4. Для каждого года взять среднее значение месячных средних по площади значений, чтобы получить годовое среднее по площади значение;
5. Рассчитать среднее значение годовых средних по площади значений за периоды 1961—1990 гг. и 1981—2010 гг.;
6. Вычесть из каждого года среднее значение за 30-летний период.

Следует отметить, что диапазон и среднее значение аномалий относительно двух различных базовых уровней основаны на разных наборах данных, поскольку аномалии относительно 1961—1990 гг. не могут быть рассчитаны для ERA5, который начинается в 1979 г.

Были использованы следующие шесть наборов данных:

- Berkeley Earth — Rohde, R. A.; Hausfather, Z. The Berkeley Earth Land/Ocean Temperature Record. *Earth System Science Data* **2020**, 12 (4), 3469—3479. <https://doi.org/10.5194/essd-12-3469-2020>.
- ERA5 — Hersbach, H.; Bell, B.; Berrisford, P. et al. The ERA5 Global Reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2020**, 146 (730), 1999—2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- JRA-55 — Kobayashi, S.; Ota, Y.; Harada, Y. et al. The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II* **2015**, 93 (1), 5-48. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/93/1/93_2015-001/_article.
- GISTEMP v4 — GISTEMP Team, 2022: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP), version 4. NASA Goddard Institute for Space Studies, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>. Lenssen, N.; Schmidt, G.; Hansen, J. et al. Improvements in the GISTEMP Uncertainty Model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **2019**, 124 (12), 6307—6326. <https://doi.org/10.1029/2018JD029522>.
- HadCRUT.5.0.1.0 — Morice, C. P.; Kennedy, J. J.; Rayner, N. A. et al. An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* **2021**, 126 (3), e2019JD032361. <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>. Данные HadCRUT.5.0.1.0 взяты с сайта <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut5> и защищены авторским правом Британского содружества наций, Метеобюро Соединенного Королевства, 2021 г., предоставлены на основании открытой государственной лицензии, <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/version/3/>.



NOAAGlobalTemp v5 — Zhang, H.-M.; Huang, B.; Lawrimore, J. et al. NOAA Global Surface Temperature Dataset (NOAAGlobalTemp), Version 5.0. *NOAA National Centers for Environmental Information*. doi:10.7289/V5FN144H. Huang, B.; Menne, M. J.; Boyer, T. et al. Uncertainty Estimates for Sea Surface Temperature and Land Surface Air Temperature in NOAAGlobalTemp Version 5. *Journal of Climate* **2020**, *33* (4), 1351—1379. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/33/4/jcli-d-19-0395.1.xml>.

ОСАДКИ

Анализ региональных временных рядов средних по площади значений годовых сумм осадков предоставлен Глобальным центром климатологии осадков (ГЦКО). Региональные аномалии осадков выражены относительно среднего значения за 1981—2010 гг. Schneider, U.; Becker, A.; Finger, P. et al. *GPCC Monitoring Product: Near Real-Time Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges Based on SYNOP and CLIMAT Data*; Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), 2020. https://opendata.dwd.de/climate_environment/GPCC/html/gpcc_monitoring_v2020_doi_download.html.

МОРСКОЙ ЛЕД

В настоящем докладе в основе оценки протяженности морского льда лежит анализ совмещенных арктических ледовых карт Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (Российская Федерация), Канадской ледовой службы (Канада) и Национального ледового центра (Соединенные Штаты Америки) с использованием оценок пассивного микроволнового зондирования (SMMR, SSM/I и SSMIS) из Национального центра данных по снегу и льду.

УРОВЕНЬ МОРЯ

Региональные тренды уровня моря основаны на данных альтиметрии с географической привязкой C3S, осредненных по площади от 50 км от берега до побережья Лабораторией геофизических, океанографических и космических исследований (ЛЕГОС).

ДАННЫЕ EM-DAT

Данные EM-DAT использовались для ретроспективных расчетов влияния климата: www.emdat.be. EM-DAT — это глобальная база данных о бедствиях природного и технологического характера, содержащая важнейшие основные данные о наступлении и последствиях более 21000 бедствий в мире, начиная с 1900 года по настоящее время. EM-DAT поддерживается Центром исследований эпидемиологии бедствий (ЦИЭБ) при Школе общественного здравоохранения Лувенского католического университета, расположенного в Брюсселе, Бельгия.

Показателями, используемыми применительно к смертности, количеству пострадавших и экономическому ущербу, были общее количество погибших, количество пострадавших и общий ущерб (<000 долларов США) соответственно.



КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Анализ ВМО ОНУВ;

Контрольный лист для осуществления климатического обслуживания (потенциал Членов в области климатического обслуживания, определенный на основе ответов на этот контрольный лист, можно посмотреть [здесь](#));

[Опрос ВМО по гидрологии, 2020 г.](#);

[2020 State of Climate Services: Risk Information and Early Warning Systems](#) (Состояние климатического обслуживания в 2020 году: информация о рисках и системы заблаговременных предупреждений) (WMO-No. 1252);

[2021 State of Climate Services: Water](#) (Состояние климатического обслуживания в 2021 году: вода) (WMO-No. 1278).

Список авторов

УЧАСТВУЮЩИЕ ЭКСПЕРТЫ

Сриджит Оп (руководитель, Индия), Санджай Шривастава (руководитель, ЭСКАТО), Пэйцюнь Чжан (руководитель, Китай), Шашват Ави (ЭСКАТО), Омар Баддур (ВМО), Антонио Бомбелли (ВМО), Энни Казенав (ЛЕГОС), Кэрол Чучани Черфани (ЭСКЗА), Мария Бернадет Карина Деви (ЭСКАТО), Сара Диуф (ВМО), Сапна Дубей (ЭСКАТО), Ацуши Гото (ВМО), Вероника Грассо (ВМО), Пер Хехлер (ВМО), Фук Лам Хоанг (Вьетнам), Суми Хонг (ЭСКАТО), Кэтрин Джонс (ФАО), Хидели Канамару (ФАО), Валентина Хан (Российская Федерация), Джинвон Ким (Республика Корея), Лихуан Ма (Китай), Кристина Мартинес (МОТ), Белен Мартин Мигес (ВМО), Ацуши Минами (Япония), Накиете Мсемо (ВМО), Нобору Немото (Япония), Тим Оукли (ВМО), Ханг ТиТхань Фам (ФАО), Клэр Рэнсом (ВМО), Энтони Ри (ВМО), Эрик Родер (МОТ), Тарек Садек (ЭСКЗА), Мадхурима Саркар-Свайсгуд (ЭСКАТО), Карина фон Шукманн (Меркатор Осеан), Хосе Альваро Силва (ВМО), Киотоши Такахаси (Япония), Катерина Тассоне (ВМО), Марлен Энн Томашкевич (ЭСКЗА), Мухибуддин Усама (ВМО), Ахад Вазифех (Исламская Республика Иран), Шуня Вакамацу (Япония), Пэнлин Ван (Китай), Маркус Цизе (Германия).

ЭКСПЕРТНАЯ ГРУППА ПО МОНИТОРИНГУ И ОЦЕНКЕ КЛИМАТА (РЕЦЕНЗЕНТЫ)

Джон Кеннеди (руководитель, Соединенное Королевство), Джессика Бланден (со-руководитель, Соединенные Штаты Америки), Рэндалл С. Сервени (Соединенные Штаты Америки), Ладислаус Бенедикт Чанг'а (Объединенная Республика Танзания), Людмила Коломеец (Российская Федерация), Рената Либонати (Бразилия), Аватиф Эбрахим Мустафа (Египет), Серхат Сенсой (Турция), Ардасена Сопакелувакан (Индонезия), Хосе Луис Стелла (Аргентина), Фрейя Вамборг (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды, ЕЦСПП), Чживэй Чжу (Китай).

УЧАСТВУЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО), Международная организация труда (МОТ), Лаборатория геофизических, океанографических и космических исследований (ЛЕГОС), Меркатор Осеан Интернасьональ, Экономическая и социальная комиссия ООН для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО), Экономическая и социальная комиссия ООН для Западной Азии (ЭСКЗА), Всемирная продовольственная программа (ВПП), Всемирная метеорологическая организация (ВМО).

УЧАСТВУЮЩИЕ ЧЛЕНЫ ВМО

Бахрейн; Китай; Гонконг, Китай; Индия; Исламская Республика Иран; Япония; Макао, Китай; Оман; Пакистан; Республика Корея; Российская Федерация; Саудовская Аравия; Таиланд; Объединенные Арабские Эмираты; Узбекистан; Вьетнам.



СНОСКИ

- ¹ Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Бюллетень ВМО по парниковым газам № 17*: Содержание парниковых газов в атмосфере по данным глобальных наблюдений в 2020 году; ВМО: Женева, 2021 г.
- ² Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Состояние глобального климата в 2021 году* (ВМО-№ 1290). Женева, 2022 г.
- ³ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al. Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.
- ⁴ Региональная ассоциация II (Азия) ВМО.
- ⁵ China Meteorological Administration (CMA) Beijing Climate Centre. *Blue Book on Climate Change in China 2022*. Science Press: Beijing, 2022.
- ⁶ Arctic Regional Climate Centre Network (ArcRCC-Network). *Arctic Climate Forum Consensus Statement: 2021 Arctic Summer Seasonal Climate Outlook (Along with a Summary of 2020–2021 Arctic Winter Season)*; The 7th Session of the Arctic Climate Forum (ACF), 26–27 May 2021. https://arctic-rcc.org/sites/arctic-rcc.org/files/documents/acf-spring-2021/ACF-7_Consensus_Statement_final.pdf.
- ⁷ Заявление было основано на данных пассивного микроволнового зондирования SSMR-SSM/I-SSMIS Национального центра данных по снегу и льду (НЦДСЛ) и рассчитано в Мировом центре данных по морскому льду при Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.
- ⁸ Arctic Regional Climate Centre Network ArcRCC-Network. *Arctic Climate Forum Consensus Statement: 2021–2022 Arctic Winter Seasonal Climate Outlook (Along with a Summary of 2021 Arctic Summer Season)*. The 8th session of the Arctic Climate Forum (ACF), 27–28 October 2021. https://arctic-rcc.org/sites/arctic-rcc.org/files/documents/acf-fall-2021/ACF-8_Consensus_Statement_Final.pdf.
- ⁹ United Nations Environment Programme (UNEP). *A Scientific Assessment of the Third Pole Environment*; UNEP: Nairobi, 2022. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/39757>.
- ¹⁰ Yao, T.; Xue, Y.; Chen, D. et al. Recent Third Pole's Rapid Warming Accompanies Cryospheric Melt and Water Cycle Intensification and Interactions between Monsoon and Environment: Multidisciplinary Approach with Observations, Modeling, and Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society* **2019**, 100(3), 423–444. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0057.1>.
- ¹¹ World Glacier Monitoring Service (WGMS). *Global Glacier Change Bulletin No. 4 (2018–2019)*; Zemp, M; Nussbaumer, S. U.; Gärtner-Roer, I. et al. Eds.; WGMS: Zurich, 2021.
- ¹² Yao, T.; Thompson, L.; Yang, W. et al. Different Glacier Status with Atmospheric Circulations in Tibetan Plateau and Surroundings. *Nature Climate Change* **2012**, 2, 663–667. <http://doi.org/10.1038/nclimate1580>.
- ¹³ Anisimov, O. A.; Lavrov, S. A.; Zhirkov, A. F. et al. Permafrost Data Assimilation and Reanalysis: Computational Setup and Model Validation for North-European Russia and East Siberia. *Russian Meteorology and Hydrology* **2020**, 45, 269–275. <https://doi.org/10.3103/S106837392004007X>. Anisimov, O. A. Potential Feedback of Thawing Permafrost to the Global Climate System through Methane Emission. *Environmental Research Letters* **2007**, 2(4), 91–98. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045016>.
- ¹⁴ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ). *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год* (на русском языке); Москва, 2022 г. <https://www.meteorf.gov.ru/images/news/20220324/4/Doklad.pdf>. Результаты мониторинга основаны на ежедневных наблюдениях за температурой грунта на стандартизированной глубине до 3,2 м (320 см) на 146 метеостанциях в районах многолетней мерзлоты Российской Федерации.
- ¹⁵ Определяется как доля общего падающего солнечного излучения, отраженного Землей обратно в космос.
- ¹⁶ Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ). *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год* (на русском языке); Москва, 2022 г. <https://www.meteorf.gov.ru/images/news/20220324/4/Doklad.pdf>.



- ¹⁷ Gulev, S. K.; Thorne, P. W.; Ahn, J. et al. Changing State of the Climate System. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Masson-Delmotte, V.; Zhai, P.; Pirani, A. et al., Eds. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.
- ¹⁸ Copernicus Marine Service (CMEMS). *Global Mean Sea Surface Temperature*, Ocean Monitoring Indicator Framework, 2021. <https://marine.copernicus.eu/access-data/ocean-monitoring-indicators/global-ocean-anomaly-time-series-sea-surface-temperature>.
- ¹⁹ Schlichtholz, P. Subsurface Ocean Flywheel of Coupled Climate Variability in the Barents Sea Hotspot of Global Warming. *Scientific Reports* **2019**, *9*. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49965-6>.
- ²⁰ Dai, A.; Luo, D.; Song, M. et al. Arctic Amplification is Caused by Sea-ice Loss under Increasing CO₂. *Nature Communications* **2019**, *10*. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07954-9>.
- ²¹ Aaboe, S.; Lind, S.; Hendricks, S. et al. Section 4.1. Sea-ice and Ocean Conditions Surprisingly Normal in the Svalbard-Barents Sea Region After Large Sea-ice Inflows in 2019. In *The Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 5*, von Schuckmann, K.; Le Traon, P.-Y.; Smith, N. Eds.; *Journal of Operational Oceanography* **2021**, *14*. <https://doi.org/10.1080/1755876X.2021.1946240>.
- ²² Kumar, A.; Yadav, J.; Mohan, R. Spatio-temporal Change and Variability of Barents-Kara Sea Ice, in the Arctic: Ocean and Atmospheric Implications. *Science of The Total Environment* **2021**, *753*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142046>.
- ²³ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). *Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата*; Х.-О. Пёртнер; Д.К. Робертс; В. Массон-Дельмонт и др. ред. Кембридж юниверсити пресс: Кембридж, СК и Нью-Йорк, США, 2019 г. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- ²⁴ von Schuckmann, K.; Cheng, L.; Palmer, M. D. et al. Heat Stored in the Earth System: Where Does the Energy Go? *Earth System Science Data* **2020**, *12* (3), 2013–2041. <https://doi.org/10.5194/essd-12-2013-2020>.
- ²⁵ М. Оппенхаймер; Б.К. Главович; Й. Хинкель и др. Повышение уровня моря и последствия для низменных островов, побережий и сообществ. Содержится в: *Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата*; Х.-О. Пёртнер; Д.К. Робертс; В. Массон-Дельмонт и др. ред. Кембридж юниверсити пресс: Кембридж, СК и Нью-Йорк, США, 2019 г. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- ²⁶ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). *Глобальное потепление на 1,5 °C. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °C выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты*; В. Массон-Дельмонт; П. Чжай; Х.-О. Пёртнер и др. ред. Кембридж юниверсити пресс: Кембридж, СК и Нью-Йорк, США, 2018 г. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- ²⁷ Li, G.; Cheng, L.; Zhu, J. et al. Increasing Ocean Stratification over the Past Half-century. *Nature Climate Change* **2020**, *10*, 1116–1123. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00918-2>.
- ²⁸ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). *Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата*; Х.-О. Пёртнер; Д.К. Робертс; В. Массон-Дельмонт и др. ред. Кембридж юниверсити пресс: Кембридж, СК и Нью-Йорк, США, 2019 г. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- ²⁹ Hamlington, B. D.; Frederikse, T.; Nerem, R. S. et al. Investigating the Acceleration of Regional Sea Level Rise During the Satellite Altimeter Era. *Geophysical Research Letters* **2020**, *47* (5). <http://dx.doi.org/10.1029/2019GL086528>.
- ³⁰ Cazenave, A.; Moreira, L. Contemporary Sea-level Changes from Global to Local Scales: A Review. *Proceedings of the Royal Society A* **2022**, *478* (2261). <https://doi.org/10.1098/rspa.2022.0049>.
- ³¹ Tokyo Climate Center. *Impacts of El Niño/La Niña and Indian Ocean Dipole Events on the Global Climate*, <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/climate/ENSO/index.htm>.
- ³² https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/press_20220201.pdf.
- ³³ Мейю/Байю/Чангма - это основной сезон дождей от центрального Китая до Японии и Кореи, который приносит зонально вытянутая дождевая полоса, обусловленная восточно-азиатским летним муссоном с июня по июль. В Китае его называют Мейю, в Японии - Байю, а в Корее - Чангма.
- ³⁴ Pai D. S.; Bandgar, A.; Devi, S. et al. Normal Dates of Onset/Progress and Withdrawal of Southwest Monsoon over India. *MAUSAM* **2020**, *71* (4), 553–570. <https://doi.org/10.54302/mausam.v71i4.33>.



- ³⁵ Ralph, F. M.; Neiman, P. J.; Wick, G. A. Satellite and CALJET Aircraft Observations of Atmospheric Rivers over the Eastern North Pacific Ocean during the Winter of 1997/98. *Monthly Weather Review* **2004**, 132 (7), 1721–1745. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2004\)132%3C1721:SACA00%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132%3C1721:SACA00%3E2.0.CO;2).
- ³⁶ Neiman, P. J.; Ralph, F. M.; Wick, G. A. et al. Meteorological Characteristics and Overland Precipitation Impacts of Atmospheric Rivers Affecting the West Coast of North America Based on Eight Years of SSM/I Satellite Observations. *Journal of Hydrometeorology* **2008**, 9 (1), 22–47. <https://doi.org/10.1175/2007JHM855.1>.
- ³⁷ Dettinger, M. D.; Ralph, F. M.; Das, T. et al. Atmospheric Rivers, Floods and the Water Resources of California. *Water* **2011**, 3 (2), 445–478. <https://doi.org/10.3390/w3020445>.
- ³⁸ Lavers, D. A.; Villarini, G. Atmospheric Rivers and Flooding over the Central United States, *Journal of Climate* **2013**, 26 (20), 7829–7836. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00212.1>.
- ³⁹ Paltan, H.; Waliser, D.; Lim, W. H. et al. Global Floods and Water Availability Driven by Atmospheric Rivers. *Geophysical Research Letters* **2017**, 44 (20), 10387–10395. <https://doi.org/10.1002/2017GL074882>.
- ⁴⁰ Kim, J.; Guan, B.; Waliser, D. E. et al. Winter Precipitation Characteristics in Western US Related to Atmospheric River Landfalls: Observations and Model Evaluations. *Climate Dynamics* **2018**, 50, 231–248. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-017-3601-5>.
- ⁴¹ Park, C.; Son, S.-W.; Kim, H. Distinct Features of Atmospheric Rivers in the Early Versus Late East Asian Summer Monsoon and their Impacts on Monsoon Rainfall. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* **2021**, 126 (7). <https://doi.org/10.1029/2020JD033537>.
- ⁴² RSMC Tokyo – Typhoon Center, <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/climatology.html>
- ⁴³ <https://reliefweb.int/report/pakistan/drought-bulletin-pakistan-june-2021>
- ⁴⁴ <https://reliefweb.int/disaster/dr-2021-000089-irn>
- ⁴⁵ <https://reliefweb.int/disaster/dr-2021-000119-irq>
- ⁴⁶ Национальный вклад, Российская Федерация
- ⁴⁷ Humanitarian Aid International (HAI): *Current situation on Maharashtra Floods and Landslides*; Reliefweb, 03 August 2021. <https://reliefweb.int/report/india/current-situation-maharashtra-floods-and-landslides-date-03-08-2021>.
- ⁴⁸ Terry, J.; Ruheili, A.; Boldi, R. et al. Cyclone *Shaheen*: The Exceptional Tropical Cyclone of October 2021 in the Gulf of Oman. *Royal Meteorological Society* **2022**, 77 (10), 364–370. <https://doi.org/10.1002/wea.4193>.
- ⁴⁹ Meo, S. A.; Almutairi, F. J.; Abukhalaf, A. A. et al. Sandstorm and Its Effect on Particulate Matter PM_{2.5}, Carbon Monoxide, Nitrogen Dioxide, Ozone Pollutants and SARS-CoV-2 Cases and Deaths. *Science of the Total Environment* **2021**, 795. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148764>.
- ⁵⁰ Meo, S. A.; Almutairi, F. J.; Abukhalaf, A. A. et al. Impact of Sandstorm on Environmental Pollutants PM_{2.5}, Carbon Monoxide, Nitrogen Dioxide, Ozone, and SARS-CoV-2 Morbidity and Mortality in Kuwait. *Journal of King Saud University-Science* **2022**, 34 (5). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102109>.
- ⁵¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); International Food Policy Research Institute (IFPRI); World Food Programme (WFP). *2022 Global Report on Food Crises*; FAO: Rome, 2022. <https://www.wfp.org/publications/global-report-food-crises-2022>.
- ⁵² Integrated Food Security Phase Classification (IPC). *Afghanistan: IPC Acute Food Insecurity Analysis, September 2021–March, 2022*. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ipcinfo/docs/IPC_Afghanistan_AcuteFoodInsec_2021Oct2022Mar_report.pdf.
- ⁵³ Integrated Food Security Phase Classification (IPC). *Balochistan, Pakistan: IPC Acute Food Insecurity Analysis, March–September, 2021*. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ipcinfo/docs/IPC_Pakistan_Balochistan_Acute_Food_Insecurity_2021MarSept_Report.pdf.
- ⁵⁴ Integrated Food Security Phase Classification (IPC). *Balochistan, Pakistan: IPC Acute Food Insecurity Analysis, March–September, 2021*. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/ipcinfo/docs/IPC_Pakistan_Balochistan_Acute_Food_Insecurity_2021MarSept_Report.pdf.
- ⁵⁵ Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); World Food Programme (WFP). *Drought Situation Report: Pakistan, Volume 1, Issue 2*; 31 May 2021. <https://reliefweb.int/report/pakistan/drought-situation-report-pakistan-volume-1-issue-ii-may-31-2021>.



- ⁵⁶ International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. *Nepal: Monsoon Floods and Landslides – Operation Update Report #1*; 5 November 2021. <https://reliefweb.int/report/nepal/nepal-monsoon-floods-and-landslides-operation-update-1-dref-operation-n-mdrnp011>.
- ⁵⁷ International Labour Organization (ILO). *Working on a Warmer Planet: The Impact of Heat Stress on Productivity and Decent Work*; ILO: Geneva, 2019. https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_711919/lang--en/index.htm.
- ⁵⁸ European Commission Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (ECHO). *China Floods Update (People's Government of Henan Province, CMA)*; ECHO Daily Flash, 03 August 2021. <https://reliefweb.int/report/china/china-floods-update-peoples-government-henan-province-cma-media-media-echo-daily-flash>.
- ⁵⁹ European Commission Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (ECHO). *China Flood Updates in Henan (DG ECHO Partners)*; ECHO Daily Flash, 27 July 2021. <https://m.reliefweb.int/report/3759572/china/china-flood-updates-henan-dg-echo-partners-echo-daily-flash-27-july-2021>.
- ⁶⁰ United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). *Yemen: Flash Update #3 – Humanitarian Impact of Flooding*; 12 August 2021. <https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-flash-update-3-humanitarian-impact-flooding-12-august-2021-enar>.
- ⁶¹ United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). *Yemen: Floods*; July 2021. <https://reliefweb.int/disaster/fl-2021-000110-yem>.
- ⁶² United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). *Yemen: Flash Update #3 – Humanitarian Impact of Flooding*; 12 August 2021. <https://reliefweb.int/report/yemen/yemen-flash-update-3-humanitarian-impact-flooding-12-august-2021-enar>.
- ⁶³ Suzuki, Y.; Kawamura, R.; Kawano, T. et al. Cascading Effects of the Changbai Mountains on an Extreme Weather Disaster in Northern Japan in January 2021. *Weather and Climate Extremes* **2022**, 36. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100439>. See also a preliminary report by the Cabinet Office, Government of Japan on 22 February 2021 (in Japanese), https://www.bousai.go.jp/updates/r3oyuki01/pdf/r3_oyuki01_07.pdf.
- ⁶⁴ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). *Key Aspects of the Paris Agreement* web page. [https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement#:~:text=Adaptation%20\(Art.,temperature%20goal%20of%20the%20Agreement](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement#:~:text=Adaptation%20(Art.,temperature%20goal%20of%20the%20Agreement).
- ⁶⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the IPCC Sixth Assessment Report*; Pörtner, H.-O.; Roberts, D. C.; Tignor, M. et al. Eds. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, USA, 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- ⁶⁶ World Meteorological Organization (WMO). *2019 State of Climate Services: Agriculture and Food Security* (WMO-No. 1242). Geneva, 2019.
- ⁶⁷ Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). *Asia-Pacific Riskscape @ 1.5 °C: Subregional Pathways for Adaptation and Resilience – Asia-Pacific Disaster Report 2022 for ESCAP Regions: Summary for Policymakers*; United Nations: Bangkok, 2022. <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/Asia%20Pacific%20Disaster%20Report%202022%20for%20ESCAP%20Subregions%20Summary%20for%20Policymakers.pdf>; Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). *Asia-Pacific Disaster Report 2021*; United Nations: Bangkok, 2021. <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/Asia-Pacific%20Disaster%20Report%202021-Full%20report.pdf>.
- ⁶⁸ К биологическим опасностям относятся биологические опасности, связанные с климатом. В анализе ЭСКАТО к ним относятся заболевания, связанные с циклонами, например, паразитарные и трансмиссивные болезни; заболевания, связанные с засухой, например, недостаточность питания и дефицит витаминов; заболевания, связанные с паводками, например, острые кишечные инфекции; корь и заболевания, связанные с волнами тепла, например, сердечно-сосудистые и респираторные заболевания. Годы жизни с поправкой на инвалидность (ГЖПИ) используются в качестве косвенного показателя для понимания воздействий, которое эти биологические опасности, связанные с климатом, могут оказывать на население. Каждое одно значение индекса ГЖПИ представляет собой потерю, эквивалентную одному году полного здоровья. Источник данных для оценок ГЖПИ: Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Веб-страница «Оценки годов жизни с поправкой на инвалидность (ГЖПИ) за 2000-2019 гг.», <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys>.
- ⁶⁹ Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Техническое резюме. *Содержится в: Специальный доклад МГЭИК об океане и криосфере в условиях изменяющегося климата*; Х.-О. Пёртнер; Д. К. Робертс; В. Массон-Дельмотт и др. ред. Кембридж юниверсити пресс, Кембридж, СК и Нью-Йорк, США, 2019 г. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.



- ⁷⁰ Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP). *Asia and the Pacific SDG Progress Report 2022*; United Nations: Bangkok, 2022. https://www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/ESCAP-2022-FG_SDG-Progress-Report.pdf.
- ⁷¹ Всемирная метеорологическая организация (ВМО). *Атлас смертности и экономических потерь ВМО в результате экстремальных метеорологических, климатических и гидрологических явлений (1970–2019 гг.)* (ВМО-№ 1267). Женева, 2021 г.
- ⁷² Global Commission on Adaptation. *Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience*; Global Center on Adaptation: Netherlands, and World Resources Institute: USA, 2019. https://gca.org/wp-content/uploads/2019/09/GlobalCommission_Report_FINAL.pdf.
- ⁷³ United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). *Understanding Disaster Risk: Anticipatory Action* web page, <https://www.preventionweb.net/understanding-disaster-risk/key-concepts/anticipatory-action#pubs>.
- ⁷⁴ World Meteorological Organization (WMO). *State of Climate Services: Water* (WMO-No. 1278). Geneva, 2021.
- ⁷⁵ <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>
- ⁷⁶ <https://rrp.unescap.org/>
- ⁷⁷ <https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables/>



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

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

Эл. почта: sra@wmo.int

public.wmo.int