



Federal Ministry
for the Environment, Climate Action,
Nature Conservation and Nuclear Safety



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE



**ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВОДОЙ,
ЭНЕРГИЕЙ И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ**
Системные решения для климатически устойчивой Центральной Азии

КЛИМАТ БУДУЩЕГО: прогнозы, вызовы и точки невозврата



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Климат будущего: прогнозы, вызовы и точки невозврата

Ташкент 2025

Подготовлено и издано при финансовой поддержке проекта «Региональные механизмы для низкоуглеродной и климатоустойчивой трансформации взаимосвязи энергии, воды и земли в Центральной Азии», реализуемого ОЭСР, НИЦ МКВК и ЕЭК ООН за счет средств Федерального министерства окружающей среды, борьбы с изменением климата, охраны природы и ядерной безопасности (BMUKN) в рамках Международной климатической инициативы (IKI)

Содержание

Оценки и прогнозы	5
Объединяя усилия ученых для преодоления непредсказуемости прогнозов	5
Новое исследование меняет представление о влиянии конденсационных следов самолетов на климат.....	13
В 2025 году выбросы CO ₂ от ископаемого топлива достигнут рекордного уровня — прогноз Мирового углеродного проекта.....	14
Закисление океана в прибрежных районах заметно ускорилось	16
Выявлен предел предсказуемости климата океана	18
С 1993 года Земля наклонилась почти на 80 сантиметров	19
Климатические модели переоценивают способность растений поглощать углерод	20
Новые климатические модели предсказывают более резкий рост экстремальных осадков.....	21
Глобальные выбросы CO ₂ в 2025 году достигнут нового рекорда — 38,1 млрд тонн.....	23
Ученые предсказали усиление гипоксии в реках втрое к концу века	25
Водные запасы Европы истощаются из-за ускорения изменения климата.....	27
Факторы воздействия.....	31
Выбросы парниковых газов в мангровых лесах сильно недооцениваются.....	31
Чистый воздух ослабляет «зеркальный щит» Земли.....	32
Земля нагревается в 10 раз быстрее, чем во время древнего глобального потепления.....	34
Великая адаптация: как климатическая безопасность меняет правила глобальной власти	35

Масштабная высадка лесов в Китае спровоцировала непредсказуемое распределение воды по всей стране.....	44
Гиганты Амазонки пошли в рост: в недрах леса запускается процесс, меняющий климатические прогнозы	46
Изменение климата усугубляет пластиковое загрязнение	49
Повышение температуры и рисков: путь к устойчивости через упреждающие действия.....	52
Потепление значительно затронуло четверть поверхности мирового океана	55
Зеленая инфраструктура охладила города в среднем на два градуса	56
В зоне риска	59
Новое моделирование Антарктиды уточнило долгосрочные риски для климата и океана	59

Оценки и прогнозы

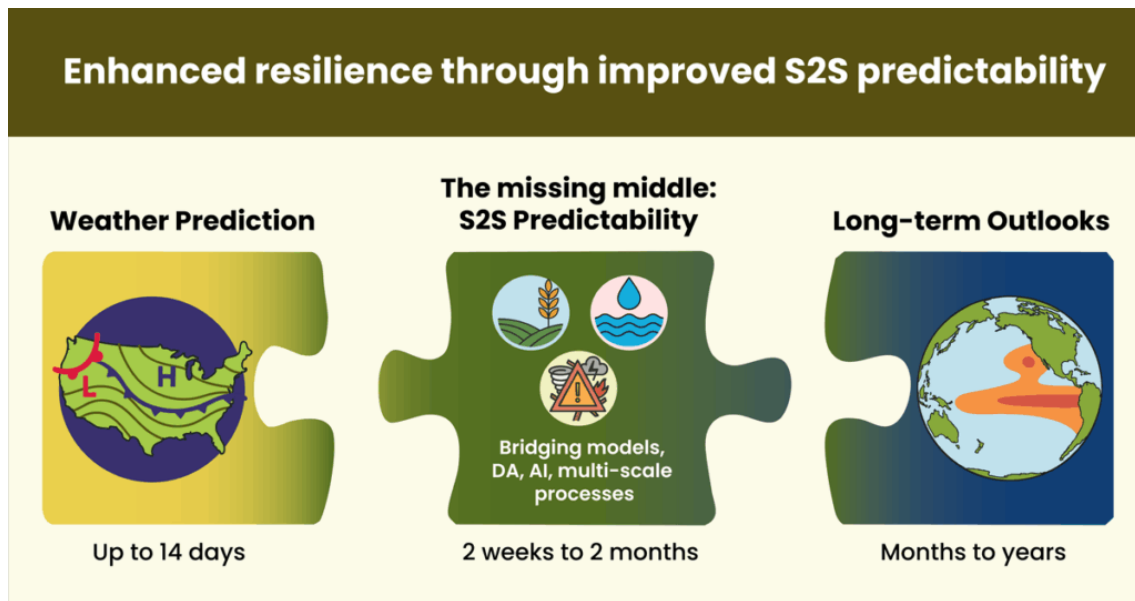
Объединяя усилия ученых для преодоления непредсказуемости прогнозов¹

Автор задаётся вопросом, стоит ли надеть куртку на работу или погода окажется слишком жаркой. Он размышляет также о том, пройдёт ли ураган мимо его города или придётся готовиться к эвакуации. Люди во многом полагаются на точные краткосрочные прогнозы погоды — как для принятия повседневных решений, так и для своевременного предупреждения о надвигающихся экстремальных явлениях. В то же время учёные, изучающие систему Земли, сосредотачивают свои усилия на понимании факторов, определяющих колебания температуры, количества осадков и частоты экстремальных погодных условий на протяжении месяцев, десятилетий и ещё более длительных периодов.

Между этими двумя крайними временными диапазонами прогнозирования находятся субсезонные и сезонные (S2S) прогнозы, охватывающие период от двух недель до двух месяцев. Эти прогнозы заполняют пробел между краткосрочными и долгосрочными прогнозами и обладают огромным потенциалом для поддержки заблаговременного и эффективного принятия решений в самых разных секторах — от водоснабжения и сельского хозяйства до энергетики, управления стихийными бедствиями и других сфер. Однако данный временной диапазон остаётся сравнительно слабо развитой областью науки, где возможности предсказания пока наиболее ограничены. Недаром этот диапазон нередко называют «пустыней предсказуемости».

Прогнозы на 3–4 недели вперёд по-прежнему отличаются нестабильностью. Иногда, однако, появляются так называемые «окна возможностей», когда модели неожиданно дают весьма точные и надёжные результаты. Тем не менее, эти периоды повышенной предсказуемости сами по себе остаются непредсказуемыми. Учёные задаются вопросами, почему именно в этот момент возникают такие окна, можно ли заранее распознать их признаки и как уровень предсказуемости зависит от самой прогнозируемой величины — например, от того, идёт ли речь о температуре или об осадках.

¹ Источник: J.H. Richter, E. Joseph. Scientists Must Join Forces to Solve Forecasting's Predictability Desert / <https://eos.org/opinions/scientists-must-join-forces-to-solve-forecastings-predictability-desert>
Опубликовано 17.10.2025



Три взаимосвязанные части головоломки символизируют интеграцию краткосрочного прогнозирования погоды (слева) и долгосрочных прогнозов (справа) с «недостающим звеном» — предсказуемостью субсезонно-сезонных (S2S) процессов в центре. В фокусе внимания находятся ключевые области практического применения — сельское хозяйство, управление водными ресурсами и подготовка к стихийным бедствиям. Речь идёт также о развитии инструментов, необходимых для совершенствования прогнозов S2S: моделирования, ассимиляции данных (DA), искусственного интеллекта (AI) и углублённого понимания многомасштабных процессов. Источник: Simmi Readle / NSF NCAR.

Эти вопросы выходят далеко за рамки чисто академического интереса. Ответы на них способны значительно повысить нашу способность оценивать ценность прогнозов S2S в реальном времени, а также предвидеть и эффективно реагировать на события с серьёзными последствиями — такие, как тепловые волны, проливные дожди, засухи и лесные пожары.

Решение этой задачи требует координации усилий традиционно разобщённых научных сообществ — специалистов по краткосрочному прогнозированию погоды и исследователей, изучающих долгосрочные изменения в системе Земли. Объединив свои подходы и методы, эти сообщества смогут продвинуть научное понимание и расширить возможности прогнозирования природных процессов во всех временных масштабах.

Открывая окна возможностей

Проблемы прогнозирования S2S отражают сложную, взаимосвязанную динамику земной системы. В пределах таких временных масштабов точность прогноза зависит не только от корректности исходных данных об атмосферных условиях — традиционно ключевого элемента для краткосрочного прогнозирования погоды, — но и от качества моделирования более медленно развивающихся компонентов системы Земли. К этим компонентам относятся состояние океана, характеристики поверхности суши, снежный покров, состав атмосферы, а также крупномасштабные режимы изменчивости, такие как колебания Мэддена–Джулиана (МЈО), Эль-Ниньо–Южное колебание, квазидвухгодичные колебания в стратосфере и внезапные стратосферные потепления. Все они взаимодействуют между собой, иногда усиливая, а иногда ослабляя предсказуемость погодных условий. Вулканические извержения могут дополнительно воздействовать на эти процессы, изменяя схемы циркуляции атмосферы и модифицируя климатические условия на поверхности Земли в масштабах времени S2S.

За последние годы исследователи достигли значительного прогресса в изучении отдельных компонентов земной системы. Однако по-прежнему остаётся трудной задачей предсказать, когда именно модели будут давать наиболее точные результаты. Предсказательная способность в масштабах времени S2S носит эпизодический и зависящий от состояния характер: она может появляться и исчезать в зависимости от текущего сочетания факторов. Так, модель может демонстрировать высокую точность в одном регионе и сезоне — создавая «окно возможностей» — но давать слабые результаты в другом месте или в другое время года.

Возникает вопрос: как научиться лучше предвидеть такие периоды повышенной предсказуемости? Для начала стоит отказаться от представления о том, что предсказательная способность моделей является постоянной характеристикой. Вместо этого её следует рассматривать как динамическое свойство, изменяющееся под воздействием состояния земной системы. Такой сдвиг в парадигме позволит исследователям сосредоточиться на разработке инструментов и систем наблюдений, способных заранее указывать, когда прогнозы будут наиболее надёжными. Это, в свою очередь, может потребовать пересмотра подходов к сбору и анализу данных об окружающей среде.

Так же, как и предсказуемость, ценность стратегически усовершенствованных наблюдений может носить эпизодический характер. Например, целенаправленные измерения температуры поверхности моря, влажности почвы или особенностей атмосферной циркуляции в периоды, когда эти

факторы особенно сильно влияют на точность прогнозов, могут оказаться значительно более полезными, чем аналогичные наблюдения, выполненные в другое время. Подобные адаптивные — или учитывающие текущее состояние системы — стратегии наблюдения, такие как усиление мониторинга атмосферы перед формированием колебания Мэддена–Джулиана (МЮ), позволяют сосредоточить ресурсы именно там и тогда, где и когда они приносят наибольшую пользу. Включение таких стратегически усовершенствованных наблюдений в прогнозные модели способно не только повысить их точность, но и улучшить оценку степени надёжности самих прогнозов.

Согласование целей между дисциплинами

Для достижения необходимых технологических и научных прорывов, способствующих повышению предсказуемости в масштабах S2S, важно не только совершенствовать методы моделирования и наблюдений, но и изменить научную культуру, устранив барьеры между дисциплинами. Временной диапазон S2S находится на пересечении краткосрочного прогнозирования погоды и сезонно-декадных прогнозов, а сообщества, работающие в этих областях, имеют разные приоритеты, подходы и исследовательские традиции.

В прогнозировании погоды основное внимание уделяется точности начальных условий, ассимиляции данных и высокоразрешающему моделированию быстрых атмосферных процессов. Напротив, исследования, сосредоточенные на более длительных временных масштабах, акцентируют внимание на моделировании медленно изменяющихся граничных условий — например, состояния океана — и взаимодействий связанных компонентов земной системы, таких как обмен между сушей и атмосферой.

Исторически эти научные сообщества развивались параллельно, формируя собственные институты, системы финансирования и исследовательские приоритеты. Однако задача выявления и использования возможностей в масштабе времени S2S представляет собой объединяющую научную проблему, требующую тесного взаимодействия между этими областями.

Некоторые особенности земной системы уже служат естественными точками соприкосновения. Так, экстремальные ливни, связанные с колебанием Мэддена–Джулиана (МЮ), представляют интерес как для специалистов по прогнозированию погоды, так и для исследователей климатических процессов. Ещё одной областью сближения становятся экстремаль-

ные явления в целом: метеорологические модели сосредоточены на прогнозировании конкретных кратковременных событий с сильным воздействием, тогда как модели земной системы изучают условия и телесвязи, определяющие их вероятность и продолжительность. Совместное рассмотрение этих взаимодополняющих точек зрения позволяет лучше понять не только что может произойти, но и почему и когда возможны точные прогнозы.

Однако путь к повышению предсказуемости S2S не ограничивается простым объединением моделей. Он требует согласования научных целей различных сообществ, унификации стратегий оценки эффективности моделей и выработки согласованных подходов к учёту неопределённости. Эти подходы включают разработку модельных ансамблей, создание стратегий ассимиляции данных, позволяющих количественно оценивать неопределённость начальных условий, а также внедрение методов вероятностной оценки и способов информирования пользователей о степени достоверности прогнозов.

Дальнейший прогресс предполагает создание интегрированных систем моделирования, которые объединяют опыт метеорологического сообщества в области инициализации с экспертными знаниями специалистов по моделированию системы Земли в сфере граничных воздействий и взаимодействия компонентов. Точная инициализация должна охватывать все элементы земной системы — от влажности почвы, теплосодержания океана и снежного покрова до состояния атмосферы, включая процессы в стратосфере. Тем не менее объёмы наблюдений и данных для ассимиляции по ряду ключевых переменных — особенно в океане, стратосфере и других слабо наблюдаемых регионах — остаются ограниченными, что сдерживает способность моделей адекватно отражать их влияние на прогнозы.

В краткосрочной перспективе возможность объединения целей и совершенствования моделей заключается в улучшении прогнозирования экстремальных ливней, связанных с колебанием Мэддена–Джулиана (МЮ). Эти явления возникают в результате сложного взаимодействия тропического океана и атмосферы и оказывают значительное влияние на региональную циркуляцию и распределение осадков. Для повышения точности прогнозов необходимо более реалистично представлять атмосферную конвекцию в моделях — задачу, которая уже давно остаётся серьёзным вызовом для обоих научных сообществ.

Появление моделей километрового масштаба и методов машинного обучения открывает новые возможности для совместных инноваций и научного сотрудничества. Модели такого разрешения позволяют явно воспроизводить процессы конвекции, проверять и уточнять параметризацию моделей, а также исследовать взаимосвязи между крупномасштабной цир-

куляцией и мелкомасштабными процессами. Методы машинного обучения предоставляют дополнительные возможности для эмуляции конвекционных симуляций, представления нерешённых процессов и снижения систематических ошибок моделей.

Успешная интеграция этих подходов способна принести непосредственную пользу как науке, так и практическим решениям. Среди примеров — более раннее предупреждение для регионов, подверженных наводнениям, и поддержка принятия обоснованных решений в сельском хозяйстве, касающихся сроков посадки и режима орошения.

От прогнозирования к устойчивости общества

Потребность общества в более точных прогнозах S2S остаётся крайне актуальной и продолжает расти. Во всём мире сообщества становятся всё более уязвимыми к экстремальным погодным условиям, последствия которых проявляются на сроках от недели до месяца. Сценарии, такие как длительная засуха, внезапное потепление, повышающее риск лесных пожаров, или задержка осадков, приводящая к наводнениям, демонстрируют, как прогнозы S2S могут предоставить возможность заранее предвидеть события и подготовиться к ним в затронутых районах.

Чиновники, отвечающие за управление водными ресурсами, энергетическое планирование, здравоохранение, сельское хозяйство и реагирование на чрезвычайные ситуации, всё чаще ищут более надёжные ориентиры для планирования действий в рамках S2S. В ряде случаев прогнозы, предоставляющие дополнительные недели на подготовку, позволяют эффективнее распределять ресурсы, реализовывать меры готовности и внедрять стратегии адаптации. Представьте, что прогнозы могли бы с высокой степенью надёжности предсказывать длительные периоды аномальной жары за 3–4 недели до их наступления. Поставщики энергии могли бы заранее подготовиться к резкому росту потребления охлаждения, органы здравоохранения — запускать кампании по безопасности в условиях жары, а фермеры — корректировать сроки посева и орошения, чтобы минимизировать потери урожая.

Устойчивость инфраструктуры, экосистем и экономики зависит не только от знания того, что может произойти, но и от того, насколько надёжны наши прогнозы. Сосредоточившись на понимании того, когда и где возникают «окна возможностей» в моделировании S2S, мы открываем путь к созданию новых среднесрочных систем прогнозирования, которые одновременно точны и полезны — систем, способных динамично переда-

вать уровень уверенности и предоставлять практическую информацию для принятия решений с учётом всех нюансов реальной жизни.

Для реализации этой концепции необходимо согласовать приоритеты исследований и инвестиции. Работы по прогнозированию и моделированию S2S часто распределялись между традиционными ведомствами, отвечающими либо за краткосрочную погоду, либо за долгосрочные прогнозы. В результате исследовательская и оперативная деятельность этих сообществ не всегда координировалась и не имела масштабной поддержки, необходимой для достижения существенного прогресса.

Координация и сотрудничество

В условиях растущего интереса общества к поддержанию экономической конкурентоспособности на международном уровне и повышению устойчивости к бедствиям прогнозирование S2S представляет собой значительные, пока не полностью использованные возможности. Появление методов машинного обучения и искусственного интеллекта открывает новые подходы к изучению предсказуемости с помощью моделей и извлечению значимых закономерностей из результатов моделирования. Сейчас как никогда важно продвигать скоординированное взаимодействие между научными сообществами и практиками.

Многочисленные примеры применения прогнозов S2S демонстрируют, что речь идёт не только о научной задаче, но и о стратегии повышения устойчивости и обеспечения процветания общества. Мы призываем различные научные сообщества и предприятия объединять усилия для решения задачи выявления «окон возможностей» в моделировании S2S.

Учёные из традиционно разных дисциплин должны совместно разрабатывать исследовательские стратегии, чтобы понять, когда, где и почему возникает предсказуемость S2S. Например, они могли бы исследовать погодные режимы — такие как тихоокеанские или аляскинские хребты — и их связь с крупномасштабной изменчивостью, например Североатлантической осцилляцией, а также использовать методы ассимиляции данных для лучшего понимания эволюции этих явлений во времени.

Научное сообщество также могло бы выявлять и оценивать критические пробелы в наблюдениях, ограничивающие прогресс в моделировании и ассимиляции данных. Кроме того, оно могло бы разрабатывать стратегии внедрения адаптивных подходов к наблюдениям, направленных, например, на изучение влажности почвы, потоков энергии на поверхности и профилей пограничного слоя, чтобы глубже понять взаимодействие между су-

шей и атмосферой на временных масштабах S2S. Такие подходы способствовали бы восполнению пробелов и углублению знаний о ключевых процессах в системе Земли.

Моделирующие центры могли бы создавать гибкие системы прогнозирования, позволяющие осуществлять усовершенствованную ассимиляцию данных и обеспечивающие надежную связь между компонентами системы Земли. Это подразумевает использование данных как сообществ, занимающихся моделированием погоды, так и сообществ, изучающих систему Земли, с целью анализа того, как начальные условия и граничные воздействия совместно влияют на точность прогнозов S2S. Применение модульных компонентов — автономных фрагментов кода, представляющих отдельные процессы земной системы, такие как атмосферные аэрозоли или динамическая растительность — в рамках этих систем может помочь выявить источники предсказуемости и улучшить понимание процессов на детальном уровне.

Для поддержания достигнутого прогресса агентства и финансирующие организации должны признать прогнозирование S2S отдельным приоритетом и взять на себя обязательства по инвестированию в моделирование, наблюдения и институциональную координацию.

Кроме того, крайне важно, чтобы ученые, лица, принимающие решения, и конечные пользователи совместно разрабатывали инструменты прогнозирования и информационные продукты. Тесная интеграция между этими группами позволила бы сосредоточить научные инновации на конкретных потребностях пользователей, обеспечивая практическую применимость результатов. Это дало бы ученым возможность создавать инструменты, которые действительно отвечают этим потребностям.

Прогнозирование S2S, возможно, никогда не сможет обеспечивать стабильную точность во всех временных масштабах и регионах. Однако знание того, когда и где оно наиболее эффективно, делает его чрезвычайно мощным инструментом для прогнозирования опасных явлений с серьезными последствиями. Можем ли мы надежно предсказывать эти «благоприятные возможности», чтобы преодолеть проблему «пустыни предсказуемости»? Совместная работа ученых, специалистов и пользователей поможет ответить на этот вопрос и продвинуть прогнозирование S2S на новый уровень.

Новое исследование меняет представление о влиянии конденсационных следов самолетов на климат²

Новое исследование показало, что значительная часть устойчивых конденсационных следов самолётов образуется не в чистом небе, а внутри уже существующих ледяных облаков, преимущественно перистых. Это меняет представления о влиянии конденсационных следов самолетов на климат и подчёркивает необходимость учитывать реальное облачное покрытие при планировании экологических маршрутов авиаперелётов.

Для анализа использовались уникальные данные, собранные с коммерческих лайнеров, пролетающих над Северной Атлантикой с 2014 по 2021 год. Они помогли определить, при каких атмосферных условиях формируются длительно существующие конденсационные следы.

Конденсационные следы самолетов состоят из выхлопных ледяных кристаллов, образующихся на высоте 8–12 километров. В сухом воздухе они быстро рассеиваются, а в холодном и влажном — растягиваются и формируют перистые облака, которые могут сохраняться часами и влиять на климат, создавая тонкий изоляционный слой.

Такие облака пропускают солнечный свет, но задерживают инфракрасное излучение, что в целом приводит к потеплению. Однако в более плотных случаях они способны отражать больше солнечных лучей, способствуя охлаждению атмосферы.

Поскольку воздействие конденсационных следов самолетов зависит от облачной среды, простое избегание областей с повышенной влажностью может оказаться неэффективным и даже увеличить расход топлива. Учёные предлагают интегрировать спутниковые и метеорологические данные об облачности для более точного планирования маршрутов, чтобы минимизировать климатическое воздействие контрейлов.

² Источник: <https://www.gismeteo.ru/news/nature/novoe-issledovanie-menyaet-predstavlenie-o-vliyanii-kondensacionnyh-sledov-samoletov-na-klimat/> Опубликовано 12.11.2025

В 2025 году выбросы CO₂ от ископаемого топлива достигнут рекордного уровня — прогноз Мирового углеродного проекта³

Выбросы углекислого газа от сжигания угля, нефти и природного газа в 2025 году вырастут на 1,1% до 38,1 млрд тонн, что станет историческим максимумом.

При этом оставшийся углеродный бюджет для удержания глобального потепления в пределах 1,5°C исчерпается к 2030 году.

Критическое состояние углеродного бюджета

Доклад Мирового углеродного проекта (Global Carbon Project) демонстрирует, что темпы декарбонизации энергетических систем в отдельных странах недостаточны для компенсации роста мирового спроса на энергию. Ученые определили, что лишь 8% роста атмосферной концентрации CO₂ с 1960 года связано с ослаблением природных поглотителей углерода — наземных и океанских экосистем.

«При текущем уровне выбросов бюджет из 170 млрд тонн CO₂, необходимый для ограничения потепления 1,5°C, будет исчерпан до 2030 года. Мы фиксируем, что изменение климата уже снижает эффективность комбинированных наземных и океанских поглотителей — это четкий сигнал Земли о необходимости радикального сокращения выбросов», — отметил профессор Пьер Фридлингштайн из Института глобальных систем Университета Эксетера, возглавивший исследование.

Региональная динамика

Китай, остающийся крупнейшим эмитентом, покажет рост выбросов на 0,4% благодаря умеренному росту потребления энергии и рекордному развитию возобновляемых источников. В Индии прирост составит 1,4% — замедление по сравнению с предыдущими трендами, вызванное ранним муссоном, снизившим потребность в кондиционировании, и активным развитием «зеленой» энергетики.

³ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/131184.html> Опубликовано 14.11.2025

В США выбросы вырастут на 1,9%, в Евросоюзе — на 0,4%. В обоих регионах недавняя тенденция снижения прервана холодной погодой и другими факторами. Япония впервые представила собственный прогноз: снижение на 2,2% в соответствии с долгосрочной тенденцией.

Топливный микс и сектора

Рост выбросов в 2025 году обусловлен всеми видами топлива: уголь (+0,8%), нефть (+1%), природный газ (+1,3%). Международная авиация увеличит выбросы на 6,8%, превысив доковидный уровень, тогда как судоходство останется стабильным.

Изменение землепользования и поглотители

Выбросы от изменения землепользования (вырубка лесов) снижаются до 4,1 млрд тонн CO₂ в 2025 году. За 2015-2024 годы постоянная дефорестация обеспечивала около 4 млрд тонн ежегодных выбросов, тогда как лесовосстановление компенсировало лишь половину этого объема. После окончания явления Эль-Ниньо 2023-24 гг. наземные поглотители восстановились до доковидного уровня.

Профессор Коринн Ле Кере из Университета Восточной Англии подчеркнула: «Усилия по борьбе с изменением климата заметны: 35 стран сократили выбросы при росте экономики — вдвое больше, чем десятилетие назад. Однако прогресс слишком хрупок для устойчивого снижения глобальных выбросов. Тревожным сигналом становится влияние климатических изменений на природные поглотители углерода».

«С момента подписания Парижского соглашения прошло 10 лет, и несмотря на достигнутый прогресс, выбросы CO₂ от ископаемых источников продолжают неумолимо расти. На поглотители углерода заметно влияют климатические изменения и их вариабельность. Странам необходимо повышать амбиции. У нас есть убедительные доказательства, что чистые технологии эффективно снижают выбросы и экономически выгодны по сравнению с ископаемыми источниками», — заявил Глен Петерс, старший исследователь Центра международных климатических исследований CICERO.

Профессор Юлия Понграц из Людвиг-Максимилианского университета Мюнхена отметила успех природоохранных политик в снижении темпов вырубки Амазонии до минимума с 2014 года, но предупредила, что

масштабные пожары 2024 года показали уязвимость экосистемы при отсутствии ограничения глобального потепления.

Долгосрочные тренды

Концентрация CO₂ в атмосфере в 2025 году достигнет 425,7 ppm, что на 52% превышает доколониальный уровень. Совокупный углеродный бюджет для 1,5°C исчерпан. Изменение климата и дефорестация превратили тропические леса Юго-Восточной Азии и большую часть Южной Америки из поглотителей CO₂ в его источники.

Общие выбросы CO₂ за последнее десятилетие росли медленнее (0,3% в год), чем в предыдущее (1,9% в год), но этого недостаточно для достижения климатических целей. Доклад, подготовленный более чем 130 учеными из 90+ институтов, опубликован в журнале Earth System Science Data и сопровождается статьей в Nature.

Защелкивание океана в прибрежных районах заметно ускорилось⁴

Новое исследование, проведённое в Сент-Эндрюсском университете, показало, что из-за увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере некоторые прибрежные районы защелкиваются гораздо быстрее, чем предполагалось, что представляет серьёзную угрозу для экономики прибрежных районов по всему миру.

Поскольку содержание CO₂ в атмосфере и pH (кислотность) океана тесно связаны, чем больше CO₂ выбрасывается в атмосферу, тем больше его поглощает морская вода, что приводит к постепенному повышению кислотности океана.

В статье, опубликованной в Nature Communications, исследователи на примере Калифорнийского течения показывают, что океанические системы апвеллинга на самом деле усиливают защелкивание океана.

Апвеллинг — это подъём богатых питательными веществами и уже кислых глубинных вод океана вдоль побережья. Когда органические веще-

⁴ Источник: <https://scientificrussia.ru/articles/zakislenie-okeana-v-pribreznyh-rajonah-zametno-uskorilos> Опубликовано 13.11.2025

ства с поверхности океана опускаются на глубину, микробы постепенно расщепляют их в ходе химической реакции, которая высвобождает CO_2 и повышает кислотность морской воды. Когда глубинные воды поднимаются, они выносят с собой кислоту, которая вступает в реакцию с атмосферным CO_2 , делая водные массы ещё более кислыми.

Ученые использовали образцы кораллов, сохранившиеся с древних времён, и изотопные следы бора в их скелетах, чтобы реконструировать изменения кислотности в XX веке, а затем применили региональную модель океана, чтобы спрогнозировать изменения кислотности в XXI веке.

Исследование показало, что в зонах апвеллинга закисление океана происходит быстрее, чем можно было бы «ожидать» только из-за повышения уровня CO_2 в атмосфере. Это связано с тем, что поднимающиеся со дна водные массы изначально кислые, а антропогенное повышение уровня CO_2 усиливает кислотность.

Системы апвеллинга являются одними из самых продуктивных на нашей планете и обеспечивают значительную часть мирового рыболовства. Поэтому понимание того, как они реагируют на повышение уровня CO_2 , важно не только для океанографии, но и для рыболовства, а также для оценки потенциальной уязвимости океана.

Соавтор исследования доктор Хана Юрикова, старший научный сотрудник Школы наук о Земле и окружающей среде, сказала: «Предсказать, как системы апвеллинга будут реагировать на изменение климата, очень сложно, поскольку антропогенные факторы взаимодействуют с естественными источниками закисления океана».

Калифорнийское течение можно использовать в качестве примера для других систем апвеллинга. К ним относятся течение Гумбольдта у берегов Перу и Бенгельское и Канарское течения у берегов Западной Африки.

Соавтор исследования доктор Джеймс Рэй сказал: «Повышение кислотности океана представляет серьёзную угрозу для морских экосистем, а также для сообществ и экономики, которые они поддерживают. Существующие решения для борьбы с изменением климата, такие как тепловые насосы и электромобили, также устраняют проблему закисления океана, поэтому крайне важно их поддерживать».

Выявлен предел предсказуемости климата океана⁵

Океанологи из России, США и Франции всесторонне изучили влияние внутреннего хаоса океана на способность математических моделей точно прогнозировать поведение течений и других процессов в Мировом океане, что позволило им обнаружить предел предсказуемости его климата. Об этом сообщил Центр научной коммуникации МФТИ.

«Мы обнаружили, что океан по-разному реагирует на разные типы воздействия. Если вы толкаете его большой и медленной силой, он отвечает как единое целое, и этот отклик можно предсказать. Но если вы пытаетесь воздействовать на него на частотах его собственной внутренней «погоды» – вихрей, – он, по сути, игнорирует ваше воздействие, немедленно рассеивая энергию в своем хаотическом движении», – пояснил старший научный сотрудник МФТИ Такайя Утида, чьи слова приводит Центр научной коммуникации вуза.

Как объясняют ученые, Мировой океан и существующие в нем системы течений играют ключевую роль в формировании климата всей планеты в целом и в переносе тепла от экватора к полюсам. Помимо крупных упорядоченных течений, в толще гидросферы также возникают различные хаотические вихри средних масштабов, которые обмениваются энергией и непрерывно взаимодействуют с «глобальным конвейером течений» и мешают отслеживать реакцию океана на действие внешних факторов.

Пределы предсказуемости океана

Российские и зарубежные океанологи заинтересовались тем, можно ли в принципе создать устойчивую математическую модель, которая бы описывала только предсказуемую часть реакции океана на внешнее воздействие. Руководствуясь этой идеей, исследователи подготовили идеализированную численную модель океанского бассейна и провели не одну, а 120 симуляций, каждая из которых начиналась с немного отличающихся начальных условий.

Используя эту модель, исследователи проверили, как эта усредненная, предсказуемая система реагирует на два принципиально разных типа воздействий – крупномасштабное, медленное изменение ветра, охватывающее весь океанский бассейн, и набор сил средних масштабов, которые по

⁵ Источник: <https://nauka.tass.ru/nauka/25659199> Опубликовано 18.11.2025

своему размеру и частоте были похожи на собственные хаотические вихри океана. Результаты этих расчетов раскрыли парадоксальную реакцию океана на эти воздействия.

В первом случае модель реагировала на внешнее воздействие слаженным и предсказуемым образом и позволяла хорошо прогнозировать то, как распределяется и меняется энергия, полученная океаном от ветра. Во втором случае вся энергия от «вихреподобного» ветра почти мгновенно уходила напрямую в хаотическую составляющую, из-за чего упрощенные модели, опирающиеся на среднее состояние вихрей, давали абсолютно некорректный прогноз.

«Это означает, что для точного прогноза недостаточно просто знать среднее состояние океана. При составлении подобных прогнозов нужно хорошо понимать «танец» между крупномасштабной циркуляцией и вихрями, причем данный «танец» при этом происходит в режиме реального времени», – подытожил Утида.

С 1993 года Земля наклонилась почти на 80 сантиметров⁶

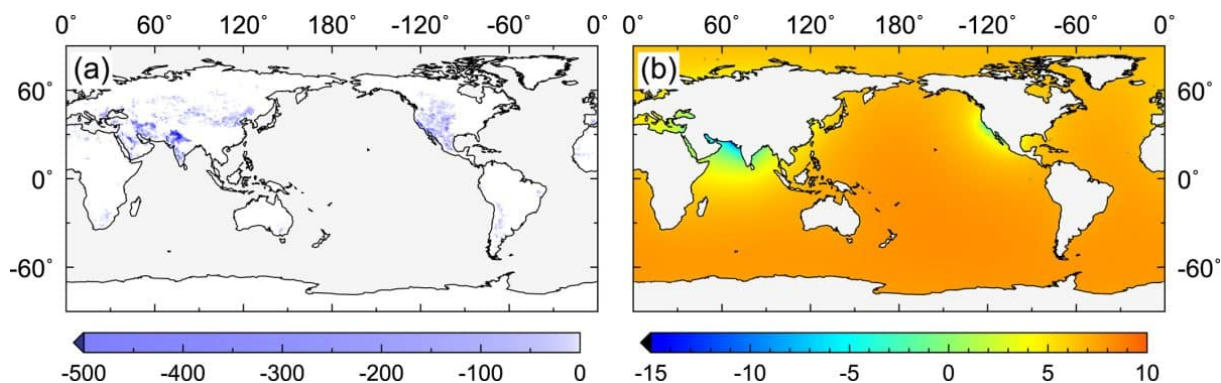
Таяние ледников и истощение подземных вод повышают уровень мирового океана. Исследование ученых показало, что перераспределение воды также смещает ось вращения Земли.

Международная группа исследователей выяснила, что ось вращения Земли в период с 1993 по 2010 год сместилась примерно на 78,48 сантиметра. Причиной послужила, в том числе, добыча грунтовых вод для орошения и питья. Исследование опубликовано в *Geophysical Research Letters*.

Согласно оценке климатической модели, за этот период 1993–2010 годов общее истощение подземных вод достигло 2150 гигатонн. Это эквивалентно повышению уровня мирового океана на 6,24 миллиметра.

Ведущий автор исследования, геофизик Со Ки Вон из Сеульского национального университета пояснил, что перераспределение подземных вод сейчас оказывает наибольшее влияние на дрейф полюсов по сравнению с другими климатическими причинами.

⁶ Источник: <https://naked-science.ru/community/1132924> Опубликовано 18.11.2025



Общее изменение запасов подземных вод на суше (a) и связанное с ним изменение уровня моря (b) за 1993–2010 год

Со пояснил, что с помощью наблюдений за изменениями вращательного полюса Земли можно понять, как колеблются запасы воды в масштабах континентов. Благодаря этим данным экологи и управляющие водными ресурсами могут разрабатывать меры, которые сдерживают дальнейшее повышение уровня моря и другие климатические последствия.

Климатические модели переоценивают способность растений поглощать углерод⁷

Высокий уровень углекислого газа в атмосфере усугубляет изменение климата, но при этом может стимулировать рост растений. Растущие растения, в свою очередь, поглощают CO_2 из атмосферы, частично смягчая последствия климатических изменений. Однако растения могут расти быстрее только в том случае, если наряду с высоким уровнем углекислого газа они получают достаточное количество азота из атмосферы. В ходе предыдущего исследования, опубликованного летом, было установлено, что реальное количество азота, которое растения получают из атмосферы, значительно ниже, чем считалось ранее.

Климатические последствия этой переоценки стали основой нового исследования, опубликованного в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Учёные выяснили, что в климатических моделях Земли количество естественной фиксации азота напрямую влияет на прогнозы будущего роста растений. Следовательно, более низкие показатели фиксации азота означают, что модели переоценивали будущий рост раститель-

⁷ Источник: <http://www.pogodaiklimat.ru/news/25780/> Опубликовано 26.11.2025

ности. Такие модели Земли используются Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и другими организациями для прогнозирования будущих климатических изменений. Растения могут усваивать азот только в определённой форме, в то время как большая его часть в атмосфере находится в недоступном для них виде. Атмосферный азот должен быть «зафиксирован» микроорганизмами. Этот процесс происходит как в естественных экосистемах, так и на сельскохозяйственных угодьях.

Ведущий автор работы, Сиан Коу-Гизбрехт, профессор Университета Саймона Фрейзера в Канаде и бывшая аспирантка Колумбийского университета, вместе с коллегами сравнила различные климатические модели с текущими значениями фиксации азота. Исследование показало, что модели переоценивают скорость фиксации азота на естественных землях примерно на 50%. В результате этого завышения модели также переоценивают эффект удобрения CO₂ примерно на 11%. Авторы исследования призывают пересмотреть климатические модели, чтобы они точнее отражали реальные объёмы естественной фиксации азота. ИИ: Это исследование подчёркивает, насколько сложны и взаимосвязаны климатические процессы. Переоценка способности природы поглощать излишки углерода может привести к неоправданному оптимизму в климатических прогнозах и недооценке необходимых мер по сокращению выбросов.

Новые климатические модели предсказывают более резкий рост экстремальных осадков⁸

Уточнённые климатические расчёты показывают, что к концу века интенсивность экстремальных дождей над сушей может возрасти существенно сильнее, чем считалось ранее.

Это связано с применением моделей с повышенным пространственным разрешением, которые точнее воспроизводят физические процессы в атмосфере.

Согласно исследованию, опубликованному в журнале Nature Geoscience, ежедневные экстремальные осадки над континентами к 210 году могут увеличиться на 41% при сценарии с высокими выбросами. Это значение значительно превышает прогноз более ранних моделей с низким разрешением, которые указывали на рост лишь на 24,8%.

⁸ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/131316.html> Опубликовано 27.11.2025

Традиционные климатические модели, такие как используемые в проектах CMIP5 и CMIP6, часто работают с разрешением около 100 километров из-за вычислительных ограничений. Международная группа учёных разработала уточнённую модель (CESM-HR), которая анализирует атмосферу с детализацией 10–25 километров. Это позволяет лучше учитывать ключевые для формирования осадков процессы.

Сравнительный анализ моделей

Сравнение прогнозов двух моделей — высокого (CESM-HR) и низкого (CESM-LR) разрешения — выявило существенные расхождения. Высокодетальная модель прогнозирует увеличение годового максимума ежедневных осадков на 16,6 мм в день, что примерно в 2,5 раза больше, чем прогнозируемый рост в 6,4 мм в день по модели низкого разрешения.

Исследователи также отмечают значительные региональные различия. Как указано в статье,

«На территории смежных Соединённых Штатов CESM-LR прогнозирует увеличение на 4 мм/день как для западного побережья, так и для юго-востока, в то время как CESM-HR прогнозирует схожее увеличение для западного побережья, но почти утраивает его для юго-востока, достигая величины более 12 мм/день (что соответствует увеличению на 30% в CESM-HR против 12% в CESM-LR)».

Соответствие историческим данным

Важным преимуществом новой модели стала её лучшая способность воспроизводить уже наблюдаемые экстремальные осадки. Учёные сравнили выходные данные моделей за исторический период со спутниковыми наблюдениями и данными метеостанций, используя параметр R99p — суммарное количество осадков в дни, когда их выпало больше, чем в 99% самых влажных дней.

Авторы исследования поясняют:

«CESM-HR, хотя и слегка завышает показатели, точнее передаёт глобальное распределение и амплитуду R99p, с глобальным средним значением в 41,3 мм/день, что ближе к наблюдаемому значению в 38,3 мм/день, по сравнению с 28,1 мм/день для CESM-LR».

Причины улучшенного прогнозирования

Повышенная точность модели CESM-HR связана с её способностью лучше отображать физические драйверы экстремальных осадков. Речь идёт о мезомасштабных конвективных системах и других атмосферных явлениях, которые плохо описываются моделями с грубым разрешением.

Как отмечает коллектив авторов:

«Высокого разрешения ансамблевые симуляции с разрешением 10–25 км предлагают многообещающие улучшения в моделировании экстремальных осадков в течение исторического периода и позволяют проводить более физически обоснованные прогнозы на будущее с лучше ограниченными неопределённостями».

Новая модель точнее воспроизводит мезомасштабную конвергенцию влаги — ключевой динамический фактор, ответственный за предельные осадки, который недооценивается в моделях низкого разрешения. Для дальнейшего повышения точности прогнозов требуются глобальные модели, явно разрешающие конвективные процессы в облаках. Развитие таких моделей позволит улучшить подготовку к климатическим катастрофам и снизить связанные с ними экономические потери.

Глобальные выбросы CO₂ в 2025 году достигнут нового рекорда — 38,1 млрд тонн⁹

Согласно Global Carbon Budget 2025, опубликованному в журнале Nature, глобальные выбросы углекислого газа от сжигания ископаемого топлива в 2025 году достигнут рекордных 38,1 млрд тонн — на 1,1 % больше, чем в 2024 году, установив новый исторический максимум.

Несмотря на заметный прогресс в декарбонизации энергетики — в частности, в 35 странах, где удалось одновременно сократить выбросы и обеспечить экономический рост, — этот эффект полностью перекрывается растущим мировым спросом на энергию.

Уголь, нефть и природный газ по-прежнему наращивают вклад в эмиссии: +0,8 %, +1,0 % и +1,3 % соответственно, а международная авиа-

⁹ Источник: <https://ecosphere.press/2025/11/26/globalnye-vybrosy-co%E2%82%82-v-2025-godu-dostignut-novogo-rekorda-381-mlrd-tonn/> Опубликовано 26.11.2025

ция уже превысила доковидные уровни (+6,8 %). В результате концентрация CO₂ в атмосфере, по прогнозам, достигнет 425,7 ppm — на 52 % выше доиндустриального уровня. Критически важный вывод отчёта: углеродный бюджет для ограничения глобального потепления на уровне 1,5°C практически исчерпан — оставшиеся 170 млрд тонн CO₂ будут израсходованы уже к 2030 году при текущих темпах.

Более того, изменение климата само по себе усугубляет кризис: за последние десятилетия оно снизило эффективность природных поглотителей углерода (суши и океана) на 8 %, а масштабные засухи, пожары и потепление превратили тропические леса Юго-Восточной Азии и значительные территории Амазонии из «лёгких планеты» в источники CO₂.

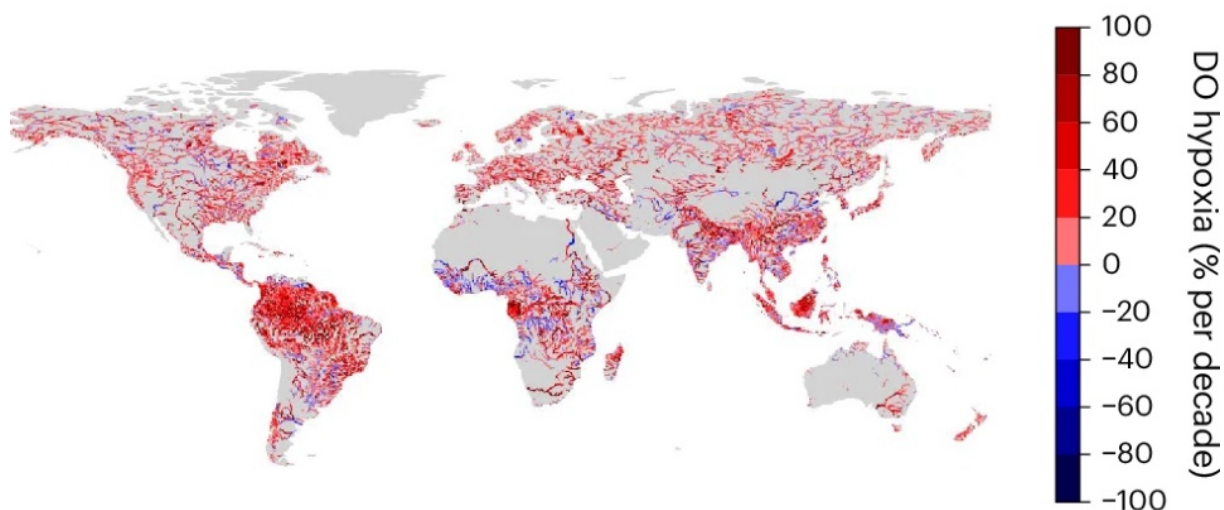
Хотя выбросы от изменения землепользования, включая вырубку лесов, в 2025 году прогнозируются на уровне 4,1 млрд тонн — немного ниже, чем годом ранее, благодаря снижению темпов вырубки в бразильской Амазонии (минимум с 2014 года), — этого недостаточно для компенсации роста энергетических эмиссий. Региональная динамика также тревожна: выбросы в США вырастут на 1,9 %, в ЕС — на 0,4 % (первое повышение после многолетнего снижения), в Китае и Индии — на 0,4 % и 1,4 % соответственно, несмотря на рекордное расширение возобновляемой энергетики.

Как отмечают ведущие авторы отчёта — профессор Пьер Фридлингштейн (Эксетерский университет) и профессор Коринн Ле Кере (Университет Восточной Англии), — технологические решения для сокращения выбросов уже существуют, доказали экономическую эффективность и превосходят ископаемые альтернативы по стоимости и надёжности.

Однако политическая воля, инвестиции и масштаб внедрения по-прежнему не соответствуют масштабу угрозы. Без радикального ускорения действий — включая резкое сокращение добычи и сжигания ископаемого топлива, защиту и восстановление лесов, а также развертывание технологий прямого улавливания CO₂ — цель Парижского соглашения удержать потепление ниже 1,5°C становится физически недостижимой, а риски катастрофических климатических сдвигов — неизбежными.

Ученые предсказали усиление гипоксии в реках втрое к концу века¹⁰

Ученые создали модель, которая с высокой точностью предсказывает содержание растворенного кислорода в речной воде по ее температуре. Согласно результатам прогностического моделирования, до конца века на фоне потепления периоды гипоксии — опасной для речных обитателей нехватки кислорода — в мировых реках станут длиться втрое дольше. С 1980 года концентрация растворенного кислорода в реках каждое десятилетие снижалась в среднем на 0,042 миллиграмма на литр, теперь темпы ее снижения достигнут 0,087 миллиграмма на литр. Такие прогнозы содержит исследование, опубликованное в журнале *Nature Climate Change*.



С ростом температуры воды в ней снижается растворимость газов, в том числе кислорода, что приводит к развитию гипоксии — состояния, при котором количество растворенного в воде кислорода настолько мало, что это становится опасным для обитающих в ней организмов. Их генетически обусловленная термотолерантность не всегда растет и не всегда помогает при гипоксии. Например, арктическим дафниям наследственная изменчивость за 10 лет не облегчила выживание, потому что пострадала их кормовая база — пурпурные серобактерии. От потепления страдают и морские, и

¹⁰ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/11/28/rivers-hypoxia> Опубликовано 28.11.2025

пресноводные экосистемы: за последние 60 лет небольшие озера в северных широтах теряли по 0,4 миллиграмма растворенного кислорода на литр каждые 10 лет, и рыболовство в них уже оказалось под угрозой.

Ученые под руководством Дюнкана Грахама из Утрехтского университета проанализировали, как менялась концентрация растворенного кислорода в мировых реках за последние 40 лет и составили прогноз того, как продолжит меняться этот показатель до конца века. Они использовали данные 2,6 миллиона измерений количества растворенного кислорода в воде 356 речных бассейнов из баз данных мониторинга качества воды (например, GLORICH — Global River Chemistry Database).

С 1980 по 2019 годы средние концентрации растворенного кислорода в мировых реках составляли от 5,7 миллиграмма на литр в тропиках до 12,7 миллиграмма на литр в полярных областях. На 81 % территорий концентрация растворенного кислорода в течение этих 40 лет снижалась — в среднем на 0,042 миллиграмма на литр каждые 10 лет. При этом число дней с оксидативным стрессом в мире росло в среднем на 13,3, а дней с гипоксией — на 2,7 за 10 лет. В ряде крупных рек этот процесс протекал практически втрое интенсивнее: в Амазонке и Конго кислорода становилось меньше на 0,1 миллиграмма, дней с условиями оксидативного стресса — больше на 91 и 82, а дней с гипоксией — больше на 12 и 10 за каждое десятилетие.

Авторы применили машинное обучение методом случайного леса к моделям качества поверхностных вод и гидрологии и создали на их основе гибридную модель DynQual_Random Forest, с помощью которой можно строить прогнозы с учетом большого количества факторов и переменных. За порог оксидативного стресса было принято значение менее пяти, а за порог гипоксии — ниже трех миллиграммов растворенного кислорода в литре воды (такие концентрации опасны для рыб).

Согласно прогнозу ученых, если антропогенные выбросы парниковых газов не будут существенно ограничены и средняя глобальная температура вырастет более чем на два градуса, то в период с 2020 по 2100 годы количество растворенного кислорода в реках будет падать в среднем на 0,087 миллиграмма, а число дней с оксидативным стрессом и гипоксией — расти на 22,6 и 8,8 каждые 10 лет. Это означает, что длительность периодов гипоксии к концу века увеличится втрое по сравнению с историческим периодом 1980-2020 годов.

Главным предиктором снижения концентрации растворенного кислорода в воде авторы называли ее температуру: с потеплением падает растворимость кислорода, а также растут скорость разложения органического вещества и потребление кислорода микроорганизмами. Благодаря новой

модели станет легче предсказывать, как будет меняться со временем содержание растворенного кислорода в мировых реках: для этого достаточно иметь данные о температуре воды, которые регулярно обновляются в уже существующих системах экологического мониторинга.

Уже сейчас деятельность человека наносит ущерб добыче 90 процентов «голубых продуктов», то есть всей еды, которую человек извлекает из водных экосистем или выращивает в них. Если в России главной проблемой для рыболовства стало потепление воды, то во многих других регионах главную роль сыграло ее загрязнение: например, антибиотиками на побережье Кипра и ртутью у берегов южноамериканского островного государства Тринидад и Тобаго.

Водные запасы Европы истощаются из-за ускорения изменения климата¹¹

Сара Танкреди

Новое спутниковое исследование раскрывает суровую реальность: водные запасы Европы истощаются. Исследователи из Университетского колледжа Лондона (UCL), совместно с Watershed Investigations и The Guardian проанализировали данные о состоянии водных ресурсов суши за период с 2002 по 2024 год. В этом исследовании основное внимание уделяется запасам пресной воды, включающим грунтовые воды, реки, почвенную влагу и ледники. Результаты показывают, что доступность этих источников пресной воды сократилась на большей части территории Южной и Центральной Европы.

Тревожный спад по всему континенту

Изменения гравитационного поля Земли, зафиксированные спутниковыми измерениями, демонстрируют тревожную картину. Вот места, где зафиксировано значительное снижение общего объема запасов воды: Ис-

¹¹ Источник: <https://sigmaearth.com/ru/Водные-запасы-Европы-истощаются-из-за-ускорения-изменения-климата/> Опубликовано 1.12.2025

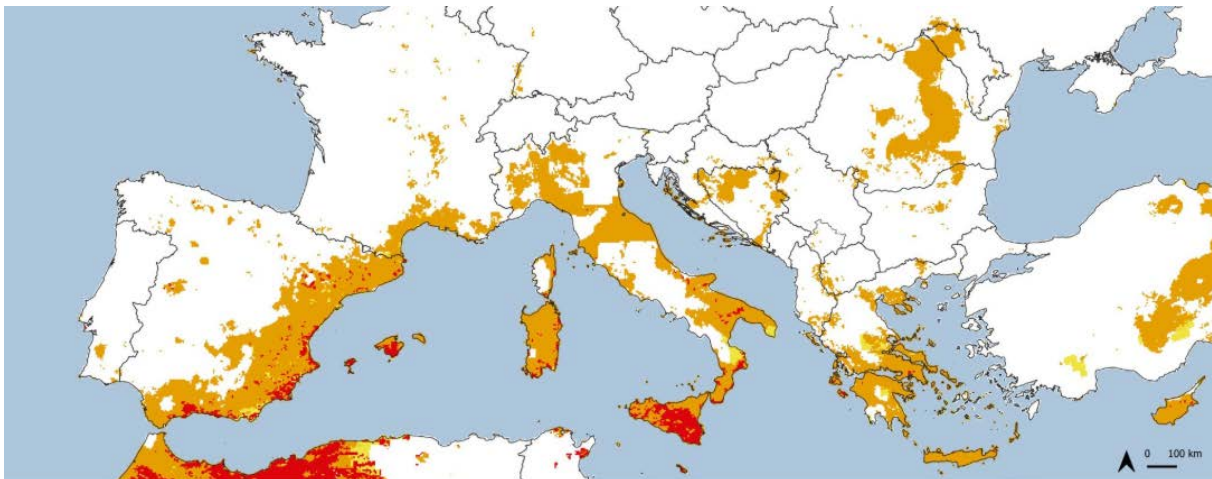
пания, Италия, Франция, Германия, Польша, Швейцария, Румыния, Украина и некоторые районы Великобритании.

С другой стороны, в районах к северу и северо-западу, включая Скандинавию, Португалию и некоторые районы Великобритании, уровень влажности повысился. Разница между двумя крайностями указывает на то, что европейские гидрологические системы становятся всё более несбалансированными. По этим причинам водные запасы Европы истощаются.

Грунтовые воды — якобы устойчивые, теперь под угрозой

Более того, исследователи в своем исследовании выделили грунтовые воды — ресурс, который обычно рассматривается как один из устойчивых к изменению климата резервов, — и увидели, что его истощение отражает континентальную тенденцию.

Как будто этого недостаточно, меняющиеся погодные условия затрудняют процесс пополнения природных ресурсов. Вопрос о том, как пополнить водоносные горизонты, становится всё более актуальным, поскольку всё чаще обнаруживается, что в некоторых районах юго-восточной Англии, где водоснабжение составляет около 70% в зависимости от грунтовых вод, последствия могут быть серьезными.



Последствия, реакция и путь вперед

Зона воздействия	Что это значит
Питьевая вода и коммунальное водоснабжение	Истощение подземных вод приведет к потере питьевого (общественного) водоснабжения для всех секторов, особенно в районах, где вода в основном берется из подземных вод (водоносных горизонтов) (например, юго-восточная Англия).
Сельское хозяйство и продовольственная безопасность	Нехватка воды для орошения может затруднить сельскохозяйственное производство и урожайность во многих странах Южной и Центральной Европы.
Экосистема и биоразнообразие	Экосистемы, питаемые водоносными горизонтами (водно-болотные угодья/источники/ручьи) может подвергнуться продолжительному или полному разрушению, если все водоносные горизонты продолжают сокращаться в размерах.
Экономическая активность и промышленность	Многие секторы (сельское хозяйство, энергетика и производство), зависящие от грунтовых вод, могут столкнуться с дополнительными нарушениями, что приведет к широкомасштабным негативным последствиям для экономического производства.

Согласно данным, полученным из Европейского агентства по окружающей среде, добыча подземных вод увеличилась на 6% в течение этого периода, при этом общественное водоснабжение способствовало 18%. и сельскохозяйственное использование 17%. Подземные воды по-прежнему являются основой водоснабжения, поскольку они составляют 62% от общего объема общественного водоснабжения и 33% потребностей в воде для орошения и сельского хозяйства в государствах-членах ЕС в 2022 году.

В результате этих открытий Европейская комиссия Чиновники подчеркнули насущную необходимость «водосберегающей экономики». Дорожная карта включает такие меры, как повышение эффективности водо-

пользования путем не менее 10% к 2030 г. и устранение утечек в системе распределения воды, что составляет 8% до 57% государств-членов. Авторы исследования утверждают, что эти данные служат «тревожным звонком» для лиц, принимающих решения.

Факторы воздействия

Выбросы парниковых газов в мангровых лесах сильно недооцениваются¹²

Ученые из Китая и Австралии обнаружили, что мангровые деревья выбрасывают неожиданно большие количества метана в атмосферу, что говорит о серьезной недооценке объемов парниковых газов, выбрасываемых мангровыми лесами в тропиках. Это следует учитывать при оценке роли мангров в замедлении глобального потепления, сообщила штаб-квартира Китайской академии наук.

«По оценкам исследователей, на глобальном уровне мангровые леса ежегодно выделяют в атмосферу примерно 730 тыс. тонн метана (CH_4), что примерно на 17% снижает их вклад в изъятие углерода из природных сред. Если же учесть выбросы метана, связанные с почвой, то общий вклад мангров в борьбу с глобальным потеплением снижается примерно на 27,5%», – говорится в сообщении.

К такому выводу пришла группа австралийских и китайских климатологов и ботаников под руководством профессора Южно-китайского ботанического сада КАН в Гуанчжоу Вана Фамина в рамках многолетних наблюдений за мангровыми лесами, произрастающими в прибрежных тропических регионах Китая. В ходе этих наблюдений ученые на протяжении двух лет отслеживали объемы выбросов парниковых газов, которые вырабатывали эти деревья и связанные с ними участки почвы и гидросферы.

Интерес ученых к этим выбросам был обусловлен тем, что мангровые леса считаются одним из самых крупных источников «голубого углерода» – залежей органики, которые изымаются из глобального круговорота этого элемента в результате уникальных обстоятельств их погребения на дне заболоченных и прибрежных участков морей и пресноводных водоемов. Стимуляция роста мангров, как предполагают ученые, позволит изъять из атмосферы большое количество CO_2 и затормозить потепление.

Ученые обнаружили, что для реализации этих планов потребуется значительно больше усилий, чем принято считать, что связано с недооценкой выбросов метана, порождаемых мангровыми лесами. В прошлом климатологи считали, что существенные количества метана вырабатываются

¹² Источник: <https://nauka.tass.ru/nauka/25628037> Опубликовано 14.11.2025

лишь в почве и воде, окружающих корневую систему мангров, однако китайские и австралийские ученые обнаружили, что CH_4 также выбрасывается и самими деревьями.

По оценкам климатологов, стволы и крона мангровых деревьев выбрасывают примерно вдвое больше метана, чем окружающие их почвы и вода, причем источником этого газа служат не жизненные процессы в клетках мангров, а молекулы CH_4 , которые корневая система деревьев поглощает из почвы и воды и транспортирует в атмосферу. Вкупе с выбросами метана из почвы это на 27% снижает эффективность запасаения «голубого углерода», что необходимо учитывать при оценке вклада мангровых лесов в замедление глобального потепления, подытожили ученые.

Мангровые леса представляют собой уникальные прибрежные экосистемы, которые сложились у берегов многих тропических и субтропических стран Юго-Восточной Азии, Австралии, западной Африки, а также многих государств Латинской Америки. Они представляют собой густые заросли деревьев, чьи корни находятся в приливно-отливной зоне.

В пространстве между этими корнями обитает большое число рыб и беспозвоночных животных, а расположенные под этими деревьями почвы запасают в себе огромные количества органической материи. Сейчас многие экологи и климатологи опасаются, что массовые вырубки мангровых лесов и разрушение связанных с ними запасов органики приведет к выделению больших объемов парниковых газов в атмосферу Земли.

Чистый воздух ослабляет «зеркальный щит» Земли¹³

Согласно исследованию учёных Вашингтонского университета, опубликованному в Nature Communications, снижение уровня загрязнения воздуха привело к тому, что облака стали отражать меньше солнечного света, усиливая глобальное потепление.

С 2003 по 2022 год яркость облаков над северо-восточной частью Тихого и Атлантического океанов снизилась почти на 3% за десятилетие. Около 70% этого изменения связано с уменьшением количества аэрозолей — микроскопических частиц, которые раньше попадали в атмосферу из-за сжигания ископаемого топлива.

¹³ Источник: <https://ecosphere.press/2025/11/13/chistyj-vozduh-oslablyaet-zerkalnyj-shhit-zemli/>
Опубликовано 13.11.2025

«Когда уровень загрязнения падает, облака теряют способность эффективно отражать солнечный свет, и больше тепла достигает поверхности Земли», — объясняет Кнут фон Зальцен, старший научный сотрудник Вашингтонского университета и ведущий автор работы.

Аэрозоли играют роль «затравки» для образования облаков: они помогают водяному пару конденсироваться в крошечные капли. Чем больше таких частиц в воздухе, тем больше мелких, ярких капелек формируется в облаках — и тем сильнее они отражают солнечный свет. Но с сокращением выбросов аэрозолей капли становятся крупнее, быстрее выпадают в осадки, и облака рассеиваются.

Результат — меньше облачного покрова, меньше отражённого света и больше тепла, поглощённого океаном. Это особенно заметно в регионах, где вода нагревается рекордными темпами, угрожая морским экосистемам и климатическому балансу.

Учёные подчёркивают: улучшение качества воздуха — безусловное благо. Но очищение атмосферы одновременно сняло эффект «маскировки», который десятилетиями частично скрывал последствия парниковых выбросов.

«Мы не хотим возвращаться в эпоху грязного воздуха, — говорит климатолог Сара Доэрти из Вашингтонского университета. — Но важно понимать, что сокращение загрязнения также обнажает истинные масштабы глобального потепления».

Исследователи рассматривают технологические идеи, которые могли бы усилить отражательную способность облаков без вреда для экологии. Один из предложенных подходов — осветление морских облаков, при котором суда распыляют в воздух морскую воду, увеличивая количество мелких капель. Это потенциально может временно компенсировать потепление, не прибегая к загрязняющим аэрозолям.

Тем не менее, прежде чем такие методы будут применяться, необходимо провести дополнительные исследования, чтобы исключить побочные эффекты.

Главный вывод учёных прост: модели климата нужно пересматривать, учитывая влияние аэрозолей на облака. Без этого прогнозы могут недооценивать реальную скорость глобального потепления.

Земля нагревается в 10 раз быстрее, чем во время древнего глобального потепления¹⁴

Около 56 млн лет назад Земля пережила резкое потепление. За 5000 лет содержание углерода в атмосфере резко возросло, а средняя глобальная температура поднялась на 6°C. Это событие, известное как палеоцен-эоценовый термический максимум (ПЭТМ), привело к изменениям в растительном покрове и временно снизило способность растений поглощать углерод из атмосферы. Сегодня Земля нагревается в 10 раз быстрее, что может еще больше усложнить адаптацию современных растений.

Растения участвуют в регулировании климата через процесс секвестрации углерода: они улавливают CO₂ в ходе фотосинтеза и накапливают его в листьях, древесине и корнях. В условиях резкого потепления эффективность этого механизма может временно снижаться, что влияет на климатические условия и продолжительность тепловых периодов.

Чтобы изучить реакцию растительности на ПЭТМ, ученые создали компьютерную модель, имитирующую эволюцию растений, их распространение и круговорот углерода. Результаты модели сравнивались с данными об ископаемой пыльце и растительных остатках из трёх регионов: бассейна Бигхорн в США, Северного моря и Арктики. Пыльца образуется в больших количествах, легко распространяется по воздуху и воде, устойчива к гниению и хорошо сохраняется в древних геологических отложениях.

Анализ показал, что в средних широтах растительность потеряла способность эффективно связывать углерод. Данные свидетельствуют о переходе к более мелким растениям, таким как пальмы и папоротники, увеличении массы листьев на единицу площади и сокращении числа листовенных деревьев. В высокоширотных арктических регионах, наоборот, наблюдалось увеличение высоты и биомассы растительности, а хвойные леса заменялись широколиственными болотными видами, что повышало способность улавливать углерод. То есть высокоширотные регионы смогли адаптироваться и даже увеличить продуктивность растительности в условиях более тёплого климата.

В целом, нарушение растительного покрова во время ПЭТМ могло снижать наземное связывание углерода на 70 000-100 000 лет. Более адап-

¹⁴ Источник: <https://hightech.plus/2025/12/03/zemlya-nagrevaetsya-v-10-raz-bistree-chem-vo-vremya-drevnego-globalnogo-potepleniya> Опубликовано 3.12.2025

тивным растениям потребовалось значительное время на восстановление, что удлиняло период повышенных температур.

Ученые отмечают, что современное глобальное потепление происходит примерно в десять раз быстрее, чем в период ПЭТМ, в том числе из-за антропогенных факторов. Это сокращает время, доступное растительным системам для адаптации, и повышает риски для климатической регуляции. Поэтому так важно понять, насколько эффективно растения справлялись с быстрыми изменениями климата в далеком прошлом.

Великая адаптация: как климатическая безопасность меняет правила глобальной власти¹⁵

Мы переживаем тихую революцию, проявляющуюся не через войны или изменение границ, а через устойчивость. Мир вступает в эпоху, когда сила измеряется не доминированием или богатством, а способностью к устойчивости и адаптации. Способность нации поглощать потрясения, приспосабливаться к нестабильности и сохранять жизнеспособность в стрессовых условиях стала новым показателем национальной мощи.

Это и есть Великая адаптация — геополитическая трансформация XXI века, в которой климатическая безопасность, дальновидность и устойчивость становятся ключевыми критериями глобальной власти.

I. Новая валюта власти: устойчивость

На протяжении всей истории власть измерялась завоеваниями и ресурсными возможностями. От римских легионов до промышленной мощи Америки доминирование оценивалось степенью контроля. Сегодня эта парадигма рушится: в эпоху каскадных климатических изменений способность противостоять нестабильности становится самой истинной формой власти.

¹⁵ Источник: Steven W. Pearce. The great adaptation: Why climate security is redefining global power / <https://illumineem.com/illumineemvoices/the-great-adaptation-why-climate-security-is-redefining-global-power> Опубликовано 20.11.2025

Климатическая нестабильность изменила само понятие управления. Наводнения, пожары, засухи и тепловые волны перестали быть отдельными бедствиями и превратились в взаимосвязанные системные риски, которые каскадом обрушиваются на экономику, продовольственные системы и социальные институты. Только в 2024 г. глобальные экономические потери, напрямую связанные с климатическими катастрофами, превысили \$360 млрд. По оценкам ООН, к 2050 г. более 1,2 млрд человек могут быть вынуждены покинуть свои дома из-за последствий изменения климата.

В этих условиях устойчивость становится новой валютой и формой капитала, столь же важной, как когда-то были золото или нефть. Она обеспечивает экономическую стабильность, доверие инвесторов и национальную безопасность.

Страны, которые будут определять ход следующего столетия, — это не те, кто обладает военным превосходством, а те, кто способен прокормить свой народ в сложных условиях, поддерживать порядок в кризисных ситуациях и восстанавливаться быстрее, чем разрушаться.

Недавний энергетический кризис в Европе продемонстрировал, что даже высокоразвитые экономики остаются уязвимыми перед вызовами, связанными с изменением климата. Засухи на Рейне сократили судоходные маршруты, тепловые волны усилили нагрузку на энергосети, а геополитические потрясения, обострённые энергетической зависимостью, нарушили работу цепочек поставок. В то же время небольшие государства — от Коста-Рики с её развитой инфраструктурой возобновляемой энергетики до ОАЭ с их инновационными системами водоснабжения — демонстрируют, что продуманная адаптация способна многократно усиливать устойчивость.

Мир постепенно усваивает новое правило: компетентность становится главным ресурсом. Власть принадлежит уже не тем, кто стремится извлечь сиюминутную выгоду, а тем, кто способен сохранять и укреплять устойчивость дольше остальных.

II. От смягчения последствий к адаптации: великий поворот

На протяжении трёх десятилетий климатическая политика была сосредоточена на смягчении последствий, на гонке по сокращению выбросов и замедлению роста глобальной температуры. Это направление по-прежнему остаётся важным, однако уже недостаточным. Даже если все страны выполнят свои обязательства по достижению нулевого уровня выбросов, инерция прошлых выбросов гарантирует десятилетия климатиче-

ских нарушений. Следовательно, глобальная повестка должна меняться: от одностороннего смягчения последствий — к комплексной адаптации.

Адаптация — это не отказ от борьбы, а проявление реализма. Это признание того, что изменение климата — не отдалённая угроза, а структурная реальность. Если смягчение последствий направлено на устранение причин, то адаптация обеспечивает способность к выживанию.

Такой поворот предполагает философский сдвиг в глобальном управлении. Адаптация требует от государств рассматривать климат не как узко экологическую проблему, а как определяющий принцип, влияющий на экономическое планирование, стратегию национальной безопасности и социальную политику.

Этот принцип можно назвать адаптивным суверенитетом — способностью государства защищать своё население, экономику и экосистемы от нестабильности, вызванной изменением климата. Адаптивный суверенитет становится новой границей национальной безопасности. От него зависит, смогут ли страны сохранять автономию в условиях растущего хаоса или окажутся зависимыми и уязвимыми в период упадка.

Регион в центре внимания: Ближний Восток и Северная Африка (MENA)

Нигде адаптивный суверенитет не проявляется столь отчётливо, как на Ближнем Востоке и в Северной Африке. ОАЭ, Марокко и Саудовская Аравия превратили адаптацию в стратегическую доктрину. От инвестиций ОАЭ в обеспечение водной безопасности и систем климатического прогнозирования до марокканского солнечного комплекса *Noor* — крупнейшего в мире объекта концентрированной солнечной энергии — адаптация становится инструментом дипломатии, основанной на инновациях. В условиях сокращения количества осадков и роста температуры эти страны фактически приобретают устойчивость (за счёт вложений в инфраструктуру и технологии) — а вместе с ней и укрепляют своё геополитическое влияние.

III. Климатическая безопасность как стратегия

Изменение климата стало одним из самых мощных факторов, усиливающих современные угрозы. Оно усугубляет бедность, ускоряет возникновение конфликтов и испытывает на прочность системы управления. Засухи провоцируют перемещение населения, нехватка ресурсов приводит к

росту напряжённости на границах, а наводнения разрушают инфраструктуру быстрее, чем гуманитарная помощь успевает её восстанавливать.

То, что мы наблюдаем, — это уже не экологическая проблема в узком смысле, а стратегический сбой работы ключевых систем — сельского хозяйства, торговли, миграции, здравоохранения, — которые взаимосвязаны и уязвимы перед климатическими изменениями.

Дальновидные государства начинают признавать эту реальность и включают меры по обеспечению климатической безопасности в свои национальные и внешнеполитические стратегии.

Регион в центре внимания: Африка

Кения, например, позиционирует себя как континентального лидера в области климатического прогнозирования и устойчивого развития. Её Закон об изменении климата (поправка) 2023 г. ввёл национальный углеродный рынок и создал рамочную систему адаптации, фактически интегрировав устойчивость к изменению климата в систему экономического управления. Аналогичным образом, Зеленый фонд Руанды (FONERWA) стал моделью финансирования адаптации на местном уровне, одновременно привлекая глобальный капитал.

Эти инициативы отражают новую доктрину: устойчивость становится формой политики.

В Африке адаптация — это не абстрактная концепция, а вопрос выживания и, всё чаще, возможность для развития. Континент превращает уязвимость в источник инноваций.

Тем временем Европа и США включают климатические риски в свои оборонные стратегии. НАТО определило изменение климата как «определяющий вызов» для глобальной безопасности, а План адаптации к изменению климата Пентагона на 2024 г. рассматривает экологическую нестабильность как фактор, напрямую влияющий на национальную оборону. Военные стратеги моделируют теперь не только действия противника, но и экстремальные погодные сценарии, а также разрушение критической инфраструктуры под воздействием продолжительной жары.

В этом смысле климатическая безопасность превратилась в новую форму разведки — такую, которая предсказывает не только возможные конфликты, но и то, где следующая засуха, наводнение или миграционная волна способны дестабилизировать целые регионы.

IV. Экономика устойчивости

Климатический кризис превратился в макроэкономическое явление. Он искажает торговые потоки, нарушает работу логистики и подрывает долговую устойчивость. Любой экономический прогноз теперь содержит скрытую переменную — климатическую нестабильность.

По данным Всемирного банка, к 2050 г. последствия изменения климата могут обходиться мировой экономике в \$23 трлн ежегодно. Однако в этом риске скрыта и другая истина: адаптация к изменению климата становится одной из крупнейших инвестиционных возможностей нашего столетия.

Рост экономики устойчивости, включающей инфраструктуру возобновляемой энергетики, адаптивное сельское хозяйство, зелёные технологии и циркулярную промышленность, формирует новую опору глобального роста.

Финансовые институты также перестраиваются. Фонд устойчивости и устойчивого развития (Resilience and Sustainability Trust, RST) МВФ, созданный в 2022 г., уже направляет миллиарды долларов на меры адаптации в уязвимых экономиках. Тем временем суверенные рейтинговые агентства начинают учитывать климатическую готовность при определении национальных кредитных рейтингов — это фундаментальное переосмысление самой концепции финансовой стабильности.

Страна, не способная адаптироваться, теряет возможность привлекать кредиты; корпорация, не уменьшающая климатические риски, теряет потенциал роста.

Этот сдвиг переопределяет саму природу капитализма. На протяжении веков рынки вознаграждали добычу ресурсов. Теперь они начинают вознаграждать устойчивость и выносливость.

Регион в центре внимания: Европа

«Зелёный курс» Европейского союза переориентировал экономическую конкурентоспособность на принципы устойчивого развития. Однако последние годы поставили под сомнение предположения, на которых базировалась континентальная стратегия. Засухи в Испании снизили урожайность на 30 %, а промышленное производство Германии пострадало из-за рекордно низкого уровня воды, нарушив работу торгового коридора по Рейну.

ЕС осознаёт, что адаптация к изменению климата — это не просто дополнение к экологической политике, а неотъемлемая часть промышленной стратегии. Будущее европейской экономики будет зависеть от того, насколько быстро удастся модернизировать инфраструктуру, чтобы она выдерживала климатические условия, к формированию которых континент сам приложил руку.

V. Момент Глобального Юга

Долгое время Глобальный Юг воспринимался как регион риска. На самом деле он становится центром притяжения глобальной устойчивости.

Африка, Южная Азия и отдельные регионы Латинской Америки играют ключевую роль в обеспечении стабильности планеты не только благодаря своим экологическим ресурсам, но и благодаря демографическому и инновационному потенциалу.

Африка обладает огромным потенциалом в области возобновляемой энергетики: ежегодно континент получает достаточно солнечного света, чтобы многократно обеспечить энергией весь мир. Однако, возможно, её самым большим преимуществом является молодёжь — поколение, свободное от устаревшей инфраструктуры и готовое сразу внедрять адаптивные технологии.

В Кении автономные солнечные сети обеспечивают освещение сельских населённых пунктов и поддерживают цифровую экономику. В Нигерии молодёжные стартапы используют искусственный интеллект для оптимизации сельского хозяйства и прогнозирования изменчивости осадков. По всей Восточной Африке сообщества создают регенеративную экономику, которая связывает климатическую устойчивость с предпринимательством.

Регион в центре внимания: Южная Азия и Тихоокеанский регион

Южная Азия и Тихоокеанский регион представляют собой ещё одну границу адаптации. Мальдивы и Фиджи, сталкивающиеся с угрозой существования из-за повышения уровня моря, стали глобальными сторонниками реформы финансирования борьбы с изменением климата, подталкивая мир к восприятию адаптации как вопроса справедливости, а не благотворительности. Индия, тем временем, переосмыслила энергетический пере-

ход как вопрос национальной безопасности. Через свой Международный солнечный альянс она «экспортирует» устойчивость в качестве инструмента дипломатии.

Глобальный Юг больше не ждёт решений извне — он сам их разрабатывает. И пока промышленно развитые страны борются за модернизацию систем, созданных для стабильного климата, экономики стран, что развиваются, готовятся к будущей нестабильности.

VI. Переосмысление власти в антропоцене

Мы живём в новой геологической эпохе — антропоцене, когда человеческая деятельность определяет ключевые процессы на планете. Однако контроль человечества теперь сталкивается с последствиями собственных действий. Те же технологии, которые создали современную цивилизацию, дестабилизировали системы, поддерживающие её существование.

Этот парадокс переопределяет само понятие власти. Если раньше власть означала доминирование, то теперь она означает устойчивость. Если раньше она была синонимом контроля, то теперь — непрерывности.

Адаптивное управление — способность предвидеть потрясения, быстро учиться и реорганизовывать системы — будет определять, какие страны будут процветать, а какие рушиться.

В XX веке сила измерялась ядерным потенциалом. В XXI веке она будет измеряться климатическим потенциалом, интеграцией устойчивости, интеллекта и адаптивности во все аспекты управления.

Адаптивное управление требует больше, чем просто политики; оно требует архитектуры прогнозирования, систем, объединяющих экологическую, экономическую и информацию, о безопасности в единую структуру для принятия решений.

Страны, осваивающие эти технологии — от лабораторий по климатическому прогнозированию на основе данных в Сингапуре до моделей прогнозирования устойчивого развития в ОАЭ — устанавливают новый вид влияния: информационную мощь, основанную на способности предвидеть, планировать и противостоять.

VII. Архитектура будущего

Чтобы выжить в этом столетии, человечеству необходимо создавать институты, которые будут не только превентивными, но и адаптивными. Наша нынешняя модель глобального управления была построена для линейного мира — мира постепенного роста, стабильного климата и предсказуемых кризисов. Такого мира больше не существует.

Нам нужны учреждения, способные понимать сложность ситуации, интегрировать межотраслевые данные, прогнозировать совокупные риски и обеспечивать быстрое реагирование. Адаптация не может ограничиваться рамками «министерств окружающей среды». Она должна стать организующим принципом каждого ведомства — финансов, обороны, сельского хозяйства и иностранных дел.

Архитектура будущего будет опираться на климатические интеллектуальные системы — прогнозирующие платформы, которые объединяют геопространственные данные, искусственный интеллект и социально-экономическое моделирование для управления инвестициями в инфраструктуру и предотвращения кризисов.

Глобальные координационные механизмы, такие как Фонд устойчивости и устойчивого развития, Фонд по потерям и ущербу и Программа ускорения адаптации в Африке, являются важными первыми шагами, но носят фрагментарный характер. Настоящее управление адаптацией требует интеграции между правительствами, частными финансами и гражданским обществом.

Роль частного сектора имеет решающее значение. Системы ESG должны развиваться от простого раскрытия информации к стратегическому прогнозированию. Компаниям необходимо внедрять показатели устойчивости наряду с целевыми показателями по выбросам углерода, оценивая, как климатические изменения могут повлиять на рынки, цепочки поставок и сообщества.

Ожидается, что к 2030 г. финансирование адаптации к изменению климата превысит \$300 млрд в год, однако глобальные инвестиции пока не достигают почти половины этой суммы. Мобилизация этих ресурсов — не только моральный долг, но и экономическая необходимость.

Короче говоря, адаптация должна стать операционной системой цивилизации.

VIII. Моральный аспект устойчивости

Устойчивость — это не только инженерная задача, но и этическая проблема. Климатические воздействия сильнее всего сказываются там, где неравенство наиболее глубоко. Так, 50 % беднейшего населения мира производят менее 10 % глобальных выбросов, но несут более 75 % ущерба от изменения климата.

Настоящая адаптация требует справедливости не как лозунга, а как структурного принципа.

Это означает создание инклюзивных систем, которые защищают женщин, коренные общины и маргинализированные группы населения, чьи знания и выносливость часто составляют основу самой адаптации.

Восстановление лесов под руководством местных сообществ, управление водными ресурсами на местном уровне и системы управления землями коренных народов не являются «мягкими» решениями — они составляют фундамент экологической и социальной устойчивости.

Если устойчивость к изменению климата — это архитектура выживания, то справедливость — её фундамент.

IX. Великая адаптация началась

Каждое поколение наследует кризис; наше поколение унаследовало планету, переживающую переходный период. Однако именно в этом переходе заложен план обновления.

Великая адаптация — это не конец прогресса, а следующий этап его эволюции. Она требует переосмыслить понятие роста, пересмотреть определение безопасности и восстановить доверие к системам, которые нас поддерживают.

Страны, инвестирующие в адаптацию сегодня, обеспечат себе не только стабильность, но и влияние. Те, кто откладывает действия, столкнутся не только с экологическим коллапсом, но и с геополитическим упадком.

Великая адаптация уже началась. Её победителями станут не те, кто будет господствовать над Землёй, а те, кто научится жить в её пределах.

Эпоха климатической адаптации станет испытанием не только для силы наций, но и для зрелости человечества. То, как мы ответим на этот вызов — со страхом или с дальновидностью — определит судьбу столетия.

Будущее власти будет зависеть не от конкуренции, а от сотрудничества между странами, учреждениями и людьми, готовыми действовать оперативно и творчески.

В XXI веке власть будет принадлежать не тем, кто доминирует, а тем, кто умеет выживать и адаптироваться.

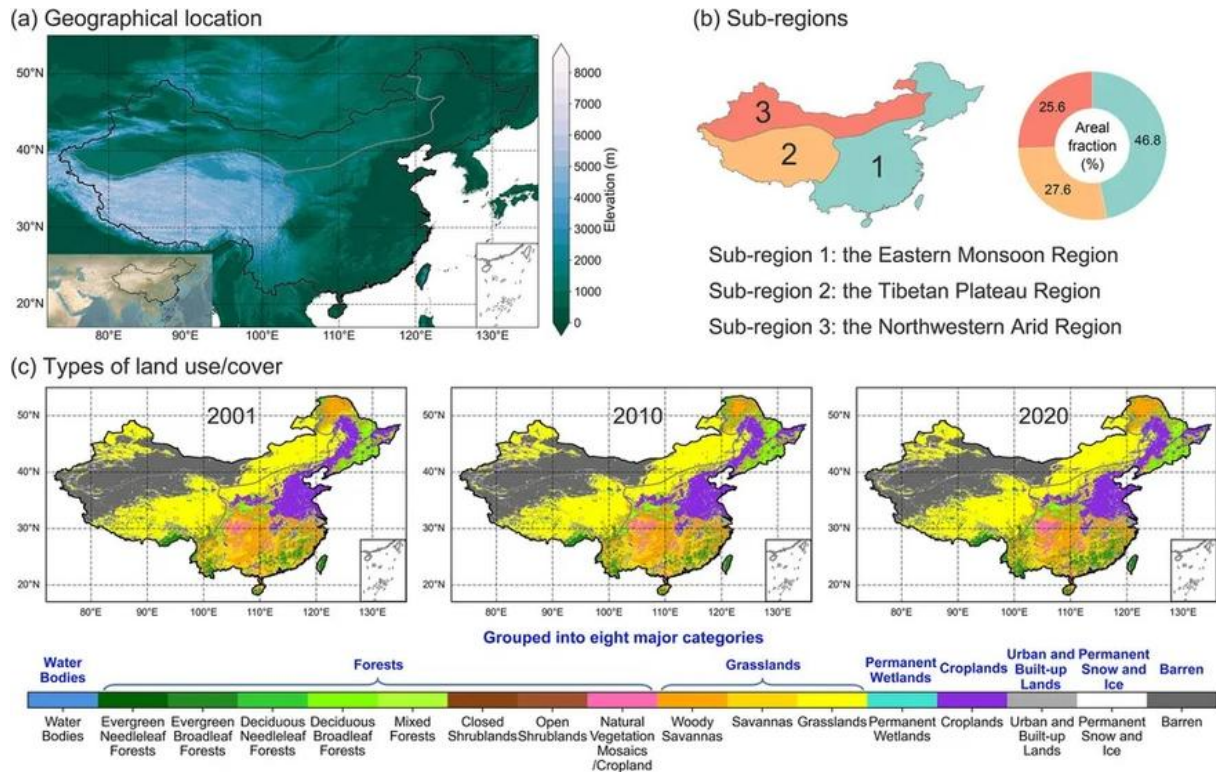
Масштабная высадка лесов в Китае спровоцировала непредсказуемое распределение воды по всей стране¹⁶

Новое масштабное исследование выявило, что изменения в использовании земель в Китае с 2001 по 2020 год, включая расширение лесов и восстановление пастбищ, активировали цикл атмосферной влаги и уменьшили доступность пресной воды в 74% территории страны.

Авторы исследования, опубликованного 4 октября 2025 года в журнале *Earth's Future* Американского геофизического союза, проанализировали гидрологические последствия этих изменений на основе высокоточных данных и модели отслеживания атмосферной влаги. Ученые из Китайского сельскохозяйственного университета и Утрехтского университета, установили, что расширение лесов в восточном муссонном регионе, а также восстановление пастбищ на Тибетском плато и в северо-западном аридном регионе повысили испарение в среднем на 1,71 мм в год. Это привело к росту осадков на 1,24 мм в год за счет рециркуляции влаги, но общая доступность воды (разница между осадками и испарением) сократилась на 0,46 мм в год.

Перераспределение произошло через атмосферный механизм, когда повышенное испарение из регионов восстановления генерирует дополнительную влагу, которая осаждается в других частях страны. В результате на Тибетском плато доступность воды увеличилась на 0,38 мм в год, в то время как в восточном муссонном регионе она упала на 0,59 мм в год, а в северо-западном аридном — на 1,14 мм в год. Последний регион пострадал сильнее всего из-за значительного оттока влаги в сторону Тибетского плато. Эти зоны охватывают 74% площади Китая, где проживает значительная часть населения и ведется основное сельскохозяйственное производство.

¹⁶ Источник: <https://www.ixbt.com/live/science/masshtabnaya-vysadka-lesov-v-kitae-sprovocirovala-nepredskazuemoe-raspredelenie-vody-po-vsey-strane.html> Опубликовано 5.12.2025



Китайские государственные программы, такие как «Великая зеленая стена» и «Зерно за зелень», охватили миллионы гектаров с 1990-х годов, чтобы сдержать опустынивание и эрозию почв. Они повысили лесистость на 4,5% за два десятилетия, но не учитывали долгосрочные эффекты на гидрологию. Север Китая, где сосредоточено 46% населения и 60% пахотных земель, располагает лишь 20% водных ресурсов страны, и дальнейшее снижение доступности воды может усугубить дефицит.

Ученые считают, что без интеграции данных о рециркуляции влаги в планирование водных ресурсов меры по перенаправлению стоков, такие как Южно-северный водный канал, окажутся недостаточными. Аналогичные эффекты возможны в других странах с масштабными проектами озеленения, где восстановление экосистем активизирует локальные водные циклы, но создает региональные дисбалансы. Следует отметить, что новое исследование опирается на спутниковые данные по растительности и осадкам, а также на модель UTRACK для моделирования путей влаги, что позволяет оценить вклад изменений покрова в 20-30% от общего сдвига в осадках.

Гиганты Амазонки пошли в рост: в недрах леса запускается процесс, меняющий климатические прогнозы¹⁷

Некоторые лесные массивы Амазонии, несмотря на усиливающийся климатический стресс, продолжают набирать силу и демонстрировать удивительную способность к восстановлению. Новые данные о росте гигантских деревьев показывают, что часть экосистемы обладает уникальным потенциалом сохранять устойчивость даже под давлением глобальных изменений. Эти выводы основываются на многолетних исследованиях, результаты которых представили международные экологические группы. Об этом сообщает Nature Plants.

Как амазонские гиганты противостоят климатическим вызовам

Тропические леса традиционно считаются одними из самых уязвимых экосистем планеты. Любое нарушение структуры, будь то вырубка или изменение влажности, способно нарушить сложившиеся взаимодействия между растениями. Однако обширные исследования, проведённые на 188 участках в разных частях бассейна Амазонки, показали неожиданную картину.

За последние три десятилетия деревья в нетронутых лесах заметно увеличили средние размеры. Рост крупных особей оказался ещё более стремительным: их высота выросла на 6% за десятилетие, что стало серьёзным поводом пересмотреть ранние прогнозы о снижении продуктивности тропических лесов под влиянием потепления.

Этот прирост объясняется комбинированным воздействием сразу нескольких факторов. Повышение содержания CO₂ в атмосфере усиливает процесс фотосинтеза, стимулируя особенно тех, кто располагается в оптимальных световых условиях — деревья с высотой более 30 метров. При этом смертность в этих участках остаётся стабильной, что говорит о высокой устойчивости лесного покрова в зонах, не затронутых деятельностью человека.

¹⁷ Источник: <https://www.pravda.ru/news/science/2316846-amazon-forest-resilience/> Опубликовано 4.12.2025

Почему одни участки растут, а другие теряют устойчивость

Несмотря на положительную динамику в удалённых от вмешательства человека регионах, ситуация в фрагментированных лесах сильно отличается. Разделённые дорогами, вырубками или сельскохозяйственными территориями площади становятся источником выбросов углерода, а не накопителями.

В таких местах крупные деревья оказываются под воздействием сильного ветра, частых пожаров, эпизодов экстремальной жары и недостатка влаги. Лесные гиганты, лишённые защиты плотного древесного покрова, утрачивают то преимущество, которое сохраняют их «собратья» в глубине влажного массива.

Эти различия подчёркивают важность непрерывности лесного ландшафта. Разорванные участки теряют способность поддерживать стабильный климатический баланс, а каждый разрушенный фрагмент запускает цепочку изменений, которая влияет не только на локальную флору, но и на глобальные климатические процессы.

Сильные стороны амазонских гигантов и скрытая динамика под пологом

Доминирующие породы, такие как капок, кастанейра или ангелим вермелью, обладают впечатляющей способностью извлекать выгоду из дополнительных ресурсов атмосферы. Глубокие корни позволяют им получать влагу из горизонтов, недоступных для большинства растений. Благодаря этому они выдерживают длительные сухие периоды, которые становятся всё более частыми из-за климатических изменений.

Долгое время экологи обсуждали гипотезу о том, что повышение CO₂ усиливает конкуренцию и делает самых крупных деревьев «победителями», оставляя мало шансов остальным. Новые данные частично подтверждают эту идею: гиганты действительно получают наибольшую выгоду. Но при этом на отдельных площадках наблюдается увеличение диаметра стволов и у средних деревьев, что показывает более сложную картину распределения ресурсов.

Несмотря на это, ключевая тенденция остаётся прежней: лишь около 1% деревьев в тропических лесах отвечают за половину всего углеродного запаса. Это делает высокие деревья важнейшим элементом мировой климатической системы.

Когда устойчивость может оказаться временной

Хотя данные кажутся обнадеживающими, исследователи подчёркивают: подобная устойчивость не гарантирована в долгосрочной перспективе. Любое экстремальное событие — пожар, буря, вспышка паразитов — способно резко нарушить баланс.

Даже в самых стабильных зонах выпадение одного дерева меняет структуру освещения, уровень влажности, циркуляцию воздуха и состав почв. Лесу может понадобиться десятки лет, чтобы восстановить прежнее равновесие.

Учёные, участвовавшие в исследовании, отмечают также снижение численности молодых деревьев на некоторых участках. Это предупреждает о возможном переходе леса к системе, в которой доминируют более редкие, но крупные особи. Подобная структура делает экосистему уязвимой: потеря нескольких гигантов сразу способна привести к серьёзным изменениям в динамике всего региона.

Чем нетронутые леса отличаются от фрагментированных

Амазонские леса демонстрируют два противоположных сценария устойчивости.

В нетронутых участках:

- плотный полог снижает воздействие экстремальных явлений;
- корневая система крупных деревьев получает влагу даже в засушливые годы;
- стабильная влажность снижает риск пожаров;
- деревья равномерно распределяют ресурсы и постепенно наращивают биомассу.

В фрагментированных зонах:

- усиливаются порывы ветра;
- возрастает вероятность пожаров;
- уменьшается влажность;

- снижается численность молодых деревьев;
- крупные особи теряют свои преимущества.

Такое сопоставление показывает, что сохранение целостных лесных массивов — ключевой фактор в борьбе с последствиями изменения климата.

Изменение климата усугубляет пластиковое загрязнение¹⁸

Изменение климата ускоряет процесс разрушения пластика в окружающей среде, что приводит к увеличению количества микропластика и потенциальному усилению его воздействия на экосистемы.

Особенно уязвимыми могут оказаться крупные животные на вершине пищевой цепи, в то время как полная картина последствий для наземных экосистем остается менее предсказуемой.

Пластиковое загрязнение и изменение климата, являясь ключевыми антропогенными угрозами, тесно взаимосвязаны. Эта связь не ограничивается общим источником — ископаемым топливом, но и проявляется в их совместном воздействии на окружающую среду. Если роль производства пластика в эмиссии парниковых газов изучается относительно давно, то обратное влияние — как климатические изменения усугубляют проблему пластикового загрязнения — стало предметом интенсивных исследований лишь в последние годы.

Климатические факторы, такие как повышение температуры, интенсивности ультрафиолетового излучения, влажности, а также учащение экстремальных погодных явлений, напрямую влияют на поведение пластика в природе.

«Повышение температуры на 10°C может удвоить скорость деградации пластика», — отмечается в обзоре учёных из Imperial College London. Усиление УФ-излучения и влажности дополнительно ускоряет этот процесс.

Это приводит к более быстрому разрушению крупных пластиковых изделий на микро- и наночастицы.

¹⁸ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/131458.html> Опубликовано 8.12.2025

От обратимой проблемы к постоянному загрязнителю

В теории, крупный пластиковый мусор можно собрать. Однако под воздействием климата он быстро трансформируется в плохо обратимый загрязнитель. Процессы физического и химического выветривания делают пластик хрупким, приводят к растрескиванию и фрагментации. В результате образуются микро- и нанопластики, которые легко переносятся на большие расстояния водой и ветром, проникают в почву, организмы и атмосферу, становясь частью глобальных биогеохимических циклов.

Экстремальные климатические события играют роль мощного катализатора. Наводнения и штормы вымывают накопленный пластик со свалок, особенно расположенных в низменных прибрежных районах, и смывают его в реки и океаны. Например, после тайфуна концентрация микропластика в прибрежных отложениях Гонконга возросла почти в сорок раз. Пожары в урбанизированных районах также могут стать источником выброса в окружающую среду полимерных материалов и токсичных химических веществ.

В глобальном масштабе таяние морских льдов, которые веками действовали как ловушки для микропластика, может превратить их из стока в источник загрязнения. Изменения в океанических течениях и циркуляции атмосферы, вызванные потеплением, будут перераспределять пластиковые частицы, потенциально создавая новые очаги загрязнения.

Влияние на экосистемы: от почвы до океана

Влияние микропластика и климатических стрессоров редко является просто суммой отдельных эффектов. Чаще наблюдаются синергетические (усиливающие) или, реже, антагонистические (ослабляющие) взаимодействия. Картина различается для водных и наземных экосистем.

В водных системах — как пресноводных, так и морских — наиболее уязвимыми оказываются организмы на вершине пищевой цепи.

«Исследования показывают, что такие виды могут быть среди самых уязвимых на планете к усиливающемуся пластиковому загрязнению в условиях изменения климата», — указывают авторы обзора.

Это связано с накоплением токсинов в течение долгой жизни и эффектом биомагнификации — увеличения концентрации вредных веществ на каждом следующем трофическом уровне. У рыб, например, более теп-

лая вода может увеличивать как скорость потребления микропластика, так и его токсичность, вызывая повреждения тканей и ДНК.

В наземных экосистемах, особенно в агросистемах, взаимодействие более сложное и менее предсказуемое. В одних случаях сочетание жары и микропластика снижало урожайность риса и ухудшало качество зерна, в других — негативное влияние микропластика на почву не усиливалось потеплением. Реакция, по-видимому, сильно зависит от типа культуры и специфики экосистемы.

Пути решения и будущие вызовы

Наиболее эффективный ответ на эту двойную угрозу — радикальное сокращение потока пластика в окружающую среду. Это требует системных изменений: перехода от линейной экономики к циркулярной, где приоритет отдаётся сокращению использования, повторному применению и redesign продуктов. Ключевую роль призвано сыграть международное юридически обязывающее соглашение — Глобальный договор по пластику.

Однако существуют и серьёзные вызовы. Даже если выброс нового пластика прекратится, фрагментация уже накопленного в окружающей среде мусора будет продолжать увеличивать количество микропластика. Поэтому необходимы не только превентивные меры, но и стратегии управления уже существующим загрязнением, включая оценку технологий сбора и биоремедиации.

Важным направлением будущих исследований авторы называют изучение воздействия именно выветренного, «природного» микропластика в сочетании с климатическими факторами, так как большинство текущих экспериментов используют чистые лабораторные частицы. Только понимание реальных механизмов взаимодействия позволит прогнозировать долгосрочные последствия и выработать эффективную политику.

Публичное восприятие проблемы пластика, которое зачастую более острое, чем восприятие изменения климата, может стать отправной точкой для повышения осведомлённости об их взаимосвязи.

«Перспектива того, что пластик, который мы производим, используем и выбрасываем сегодня, может оказать глобальное, плохо обратимое воздействие в будущем, является веским мотивом для принятия соответствующих мер уже сейчас», — заключают исследователи.

Более опасный нанопластик

Ранее опубликованные исследования указывают на ещё один биологический механизм, способствующий фрагментации пластика. Так, учёные обнаружили, что сверчки, потребляя микропластик, способны дробить его на ещё более мелкие и потенциально более опасные наночастицы, которые затем рассеиваются в окружающей среде с их экскрементами. Поскольку подобная модель питания характерна для многих насекомых, их огромные популяции могут выступать ранее неучтённым звеном в глобальном цикле пластика, ускоряя его трансформацию и распространение по пищевым цепям. Этот пример иллюстрирует, насколько сложными и многогранными могут быть пути взаимодействия живых организмов с пластиковым загрязнением, усугубляя последствия, описанные в основном материале.

Повышение температуры и рисков: путь к устойчивости через упреждающие действия¹⁹

2024 год стал самым жарким за всю историю наблюдений, и Азиатско-Тихоокеанский регион понёс особенно серьёзные потери. На этой неделе страны соберутся на девятую сессию Комитета по снижению риска стихийных бедствий, и приоритетом должно стать отказ от реактивного подхода к управлению кризисами в пользу долгосрочных, научно обоснованных стратегий устойчивости, включающих системы раннего предупреждения и природоориентированные решения.

2024 год стал самым жарким за всё время глобальных наблюдений. В Азиатско-Тихоокеанском регионе особенно пострадала Бангладеш: около 33 млн человек оказались затронуты снижением урожайности сельскохозяйственных культур, что привело к дестабилизации продовольственных систем. Жара вызвала массовое закрытие школ, многочисленные случаи тепловых ударов и связанных с ними заболеваний. Наиболее уязвимыми оказались дети, пожилые люди и низкооплачиваемые работники, занятые на открытом воздухе в бедных и густонаселённых городских районах, поскольку они обычно имеют ограниченный доступ к охлаждению, водо-

¹⁹ Источник: Rising Heat, Rising Risk: Proactive Resilience Is the Only Way Forward / <https://earth.org/rising-heat-rising-risk-proactive-resilience-is-the-only-way-forward/> Опубликовано 25.11.2025

снабжению и необходимой медицинской помощи. Индия также испытала тяжёлые последствия: около 700 человек, преимущественно жители незаконных поселений, умерли от тепловых ударов.

Районы с более высоким уровнем доходов, как правило, располагаются в более прохладных и зелёных частях городов, поэтому самые горячие зоны зачастую являются и самыми бедными, что усиливает социальное неравенство. Например, в индонезийском городе Бандунг исследование показало, что разница температур между наиболее жаркими и наиболее прохладными кварталами может достигать 7 °C.

Будущие перспективы региона в значительной степени будут зависеть от того, как будет развиваться ситуация с изменением климата. При сценарии высоких выбросов прогнозируется, что экстремальная жара будет возникать чаще, становиться более интенсивной и распространённой: явления, которые ранее были редкостью, могут стать сезонными или даже круглогодичными.

Повышение температуры влияет и на другие элементы глобальной экосистемы, включая таяние ледников. Потепление в Арктике способно изменить погодные условия, режим осадков и динамику ледников в Центральной и Южной Азии. В мировом масштабе за нынешнее столетие ледники уже потеряли около 5 % своего объёма. К 2060 г. при сценарии высоких выбросов Иран, Монголия, Мьянма, Турция и Узбекистан могут утратить более 70 % своей ледниковой массы. Эти процессы также ведут к повышению уровня моря, создавая экзистенциальные риски для ряда стран Тихоокеанского региона.

Для обсуждения этих вопросов страны соберутся на этой неделе на площадке Экономической и социальной комиссии ООН для Азии и Тихого океана, чтобы рассмотреть возможности интеграции рисков, связанных с жарой, в системы раннего предупреждения и стратегии развития. Ключевым приоритетом станет переход от ответных мер по управлению рисками, вызванными экстремальными температурами, к долгосрочным научно обоснованным стратегиям. Политические меры необходимы на местном, национальном, региональном и глобальном уровнях. Текущий Международный год сохранения ледников предоставляет важную возможность для усиления коллективных усилий.

На местном уровне природоориентированные решения, такие как высадка деревьев вдоль улиц, создание городских парков, устройство зелёных крыш и сохранение водно-болотных угодий, помогают снижать температуру в городских районах. Эти меры увеличивают количество тени, усиливают процессы эвапотранспирации и работают как тепловые поглотители, уменьшая эффект городского теплового острова. Раститель-

ность и кроны деревьев способны снижать пиковые летние температуры до 5 °С. Хотя эффективность зависит от типа и плотности зелёных насаждений, исследования показывают, что в Сингапуре зелёные крыши и стены уменьшают температуру поверхности на величину до

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона могут значительно сократить количество заболеваний и смертей, связанных с жарой, а также минимизировать влияние на повседневную жизнь населения, внедряя системы раннего предупреждения о множественных опасностях, включая экстремальные температуры. Расширение систем предупреждения о жаре и её влиянии на здоровье всего в 57 странах может ежегодно спасать около 100 000 жизней.

В целях поддержки стран ЭСКАТО планирует масштабировать климатически ориентированные и инклюзивные программы социальной защиты, которые включают техническую поддержку по мерам, связанным с экстремальной жарой, подготовку населения к жарким периодам, а также предоставление денежной помощи и других видов поддержки, особенно малообеспеченным группам, проживающим в густонаселённых городских районах.

Кроме того, учитывая преимущества природоориентированных решений, такие меры могут способствовать укреплению сотрудничества между национальными правительствами, муниципалитетами и местными сообществами в создании зелёных трансграничных коридоров, способствующих охлаждению. Такие коридоры способны понижать температуру воздуха, уменьшать нагрев поверхности и служить буфером против опустынивания, деградации земель, засух, а также песчаных и пылевых бурь.

Наконец, необходимо продвигать использование инновационных космических технологий для повышения готовности к экстремальной жаре в рамках систем раннего предупреждения. Несмотря на доказанную эффективность таких систем, их охват остаётся недостаточным: лишь 54 % национальных метеорологических служб по всему миру выпускают предупреждения об экстремальных температурах, и ещё меньше — предупреждения о тепловых волнах или тепловом стрессе. Например, в Непале опрос населения показал, что около трёх четвертей представителей уязвимых групп не получали никаких предупреждений о жаре.

ЭСКАТО может использовать существующие партнёрства для обмена данными дистанционного зондирования Земли и техническими знаниями, необходимыми для картографирования и мониторинга воздействия высоких температур, а также оценки уязвимости городов к эффекту теплового острова. Такие данные позволяют более точно прогнозировать и коли-

чественно оценивать риски, связанные с экстремальной жарой, и обеспечивать своевременное распространение предупреждений.

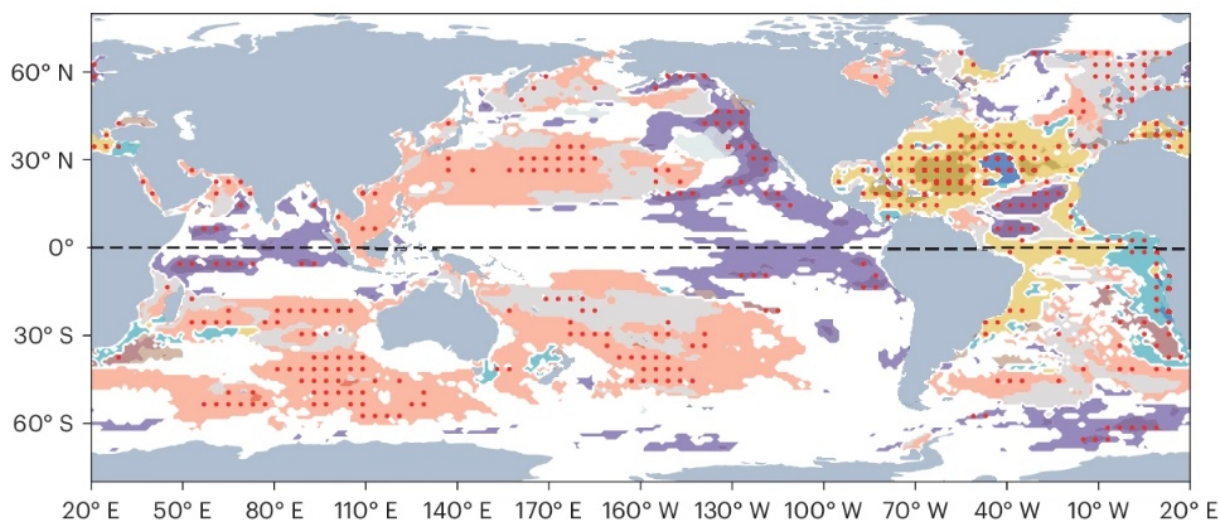
Азиатско-Тихоокеанский регион обладает значительным опытом управления каскадными бедствиями. Однако растущая угроза экстремальной жары придает нынешней ситуации особую срочность. Каждая страна должна действовать уже сейчас, чтобы адекватно реагировать на масштабы меняющихся климатических рисков и укреплять региональное сотрудничество. ЭСКАТО готова поддерживать государства в этих усилиях, поскольку мир движется к всё более жаркому будущему.

Потепление значительно затронуло четверть поверхности мирового океана²⁰

Четверть верхнего тысячеметрового слоя мирового океана значимо подвержена воздействию климатических изменений: там отмечаются сдвиги значений двух и более ключевых индикаторов его состояния, к которым относят pH воды, ее температуру, соленость и содержание растворенного кислорода. Например, pH за последние десятилетия стал более кислым на всей площади, а на глубине 1000 метров на 32 % площади одновременно выросла температура и упало содержание растворенного кислорода. При этом на 11 % площади морской поверхности изменились значения уже трех и более индикаторов. Об этом говорится в статье, опубликованной в журнале Nature Climate Change.

Ученые под руководством Таня Чжэтао из Китайской академии наук по спутниковым данным отследили, как с 1960 по 2023 годы менялись четыре главных индикатора, которые откликаются на потепление климата. Они охарактеризовали участки океана, на которых изменились показания двух и более индикаторов, как подверженные серьезным изменениям на фоне потепления. Сильнее всего пострадало Средиземное море, где влиянию климата подвержено уже 96 % площади, и субтропический сектор Северной Атлантики (93 %). С глубиной, по крайней мере если говорить об охваченных исследованием 1000 метрах, влияние климата становится даже более отчетливым, поскольку снижается вклад сезонных колебаний и естественной изменчивости.

²⁰ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/12/12/ocean-change> Опубликовано 12.12.2025

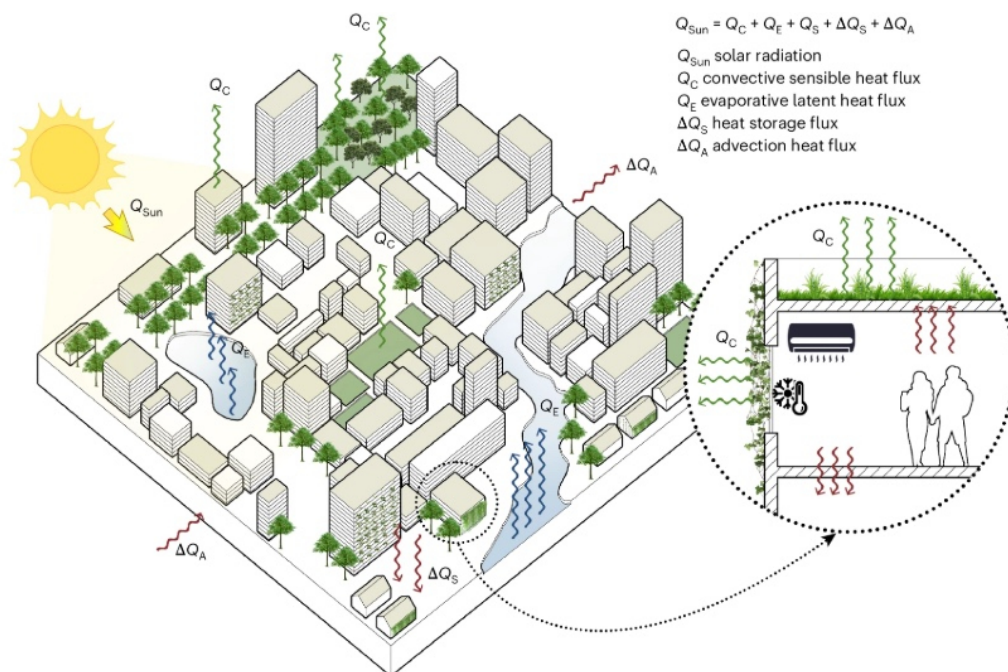


Зеленая инфраструктура охладила города в среднем на два градуса²¹

Благодаря зеленой и голубой инфраструктуре в городах температуры в дневные часы в среднем на два градуса меньше, чем могли бы быть, а энергозатраты на охлаждение помещений — на 1,3 процента ниже. В отдельных случаях эффективность природоподобных решений существенно выше: в здании с зеленой крышей кондиционеры могут потреблять на 97 процентов меньше электроэнергии, а крупный лесопарк способен в жаркие часы охладить городской район на 14 градусов, говорится в исследовании, опубликованном в журнале *Nature Cities*.

Наиболее эффективный способ охладить климат — снизить выбросы антропогенных парниковых газов в атмосферу. Но это не единственная климатическая мера, тем более что она работает в масштабах всей планеты, а сильный нагрев иногда возникает локально — например, в городах. Из-за застройки и обилия темных непроницаемых поверхностей в них присутствует эффект городского острова тепла, который несет опасность для здоровья людей и повышает затраты электроэнергии на охлаждение.

²¹ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/12/10/climate-solutions> Опубликовано 10.12.2025



Согласно существующим прогнозам, к концу века города нагреются на четыре градуса сильнее относительно остальной поверхности планеты. Смягчить действие городского острова тепла можно с помощью природоподобных решений, то есть развития зеленой и голубой инфраструктуры внутри городов. Зеленая инфраструктура включает высадку растений — от отдельных деревьев до крупных лесопарков, а голубая — использование воды, в том числе фонтанов и городских рек.

Ученые под руководством Вэя Хайлу из Юго-Восточного университета в Нанкине провели обзор 373 научных исследований, которые опубликованы с 2013 по 2025 годы и посвящены применению 13 природоподобных решений в городах. Восемь из них относились к укреплению зеленой инфраструктуры города, куда входят городские леса, парки, зеленые пространства и отдельные деревья, газоны, зеленые крыши и стены, а также земли, отведенные под сельское хозяйство, например, городские сады. Остальные пять решений затрагивали голубую инфраструктуру: реки, озера, пруды, болота и марши в пределах городов.

Авторы отслеживали, как природоподобные решения влияли на два ключевых для городского климата показателя — снижение температуры в жаркий период (с восьми утра до шести вечера) и годовое снижение охлаждающей нагрузки на здания. Под охлаждающей нагрузкой понимают количество энергии, которое нужно затратить на кондиционирование, чтобы снизить температуру внутри помещений до комфортного уровня, по сути это количество энергии на охлаждение.

Глобальное среднее снижение температуры в жаркий период с помощью природоподобных решений оценили в $2,04 \pm 0,17$ градуса, а снижение энергопотребления на охлаждений зданий — на $1,32 \pm 0,06$ процента. При этом количественное воздействие зеленых и голубых зон на температуру оказалось практически одинаковым, а вот для охлаждения зданий зеленые решения оказались заметно эффективнее, чем голубые: снижение энергопотребления на три процента против четырех сотых процента. Использование растений оказалось предпочтительнее во всех природных зонах, кроме областей с засушливым климатом.

Наиболее эффективными решениями авторы называли зеленые крыши (снижение затрат энергии на охлаждение здания в некоторых случаях достигает 97 процентов), а также леса, парки и реки, которые могут снижать максимальные дневные температуры на величину до 14 градусов. При этом действие некоторых решений, напротив, оказалось негативным. Так, зеленые зоны без деревьев и тени (например, газоны и лужайки) могут дополнительно нагреваться днем на 0,1–0,3 градуса относительно окружающего пространства из-за того, что выгоревшая трава поглощает больше тепла, а испарительное охлаждение оказывается ограничено.

Зеленые крыши используют не только для охлаждения зданий, но и для обустройства городских огородов. Недавние расчеты показали, что если разбить такие огороды на 60 процентах плоских крыш в городах Китая, то можно закрыть одну шестую потребности жителей страны в овощах.

В зоне риска

Новое моделирование Антарктиды уточнило долгосрочные риски для климата и океана²²

Исследователи представили новую модель климатической эволюции Антарктиды, которая позволяет по-новому оценить последствия потери льда и их влияние на уровень мирового океана. Работа опубликована в журнале *Nature Communications* и предлагает один из самых детальных на сегодняшний день подходов к изучению того, как ледяной щит Антарктиды взаимодействует с глобальной климатической системой.

В отличие от традиционных моделей, в которых климат и лед рассматривались отдельно, здесь учёные впервые объединили динамическую модель ледяного щита с глобальной климатической моделью и включили гравитационно-ротационно-деформационные эффекты. Это позволило проследить, как талые воды меняют циркуляцию в океане, влияют на радиационные процессы и перераспределяют повышение уровня моря по регионам мира.

Авторы отмечают, что в предыдущих подходах таяние Антарктиды учитывалось упрощённо: его считали внешним фактором, который не влияет на сам климатический контур. В новом исследовании ледяной щит становится активной частью системы. Поэтому расчёты показывают важные расхождения с более ранними оценками.

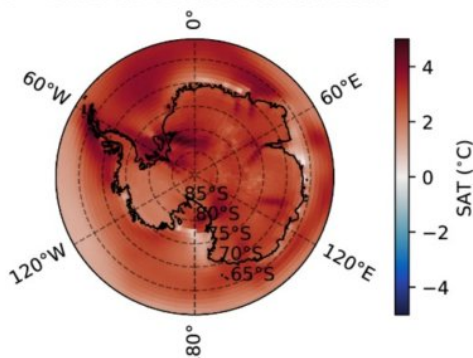
Согласно результатам, объём талой воды оказывает заметное охлаждающее влияние на глобальные показатели температуры. Учёные приходят к выводу, что к концу XXI века глобальное потепление может быть примерно на 0,3°C ниже, чем ожидается в моделях, где вклад Антарктиды не учитывается. Однако это не означает смягчение климатических рисков: распределение температуры и уровня моря становится гораздо более контрастным. Северные широты в новых сценариях получают дополнительное потепление, тогда как южные — наоборот, могут немного охладиться.

²² Источник: <http://www.pogodaiklimat.ru/news/25780/> Опубликовано 26.11.2025

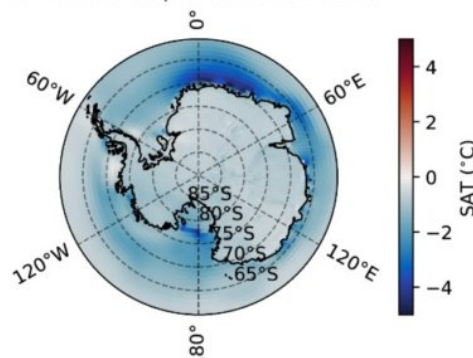
Изменение климата Южного океана к 2100 году согласно сценарию RCP8.5.

Источник: [Талая вода Антарктиды меняет будущие прогнозы климата и уровня моря](#)

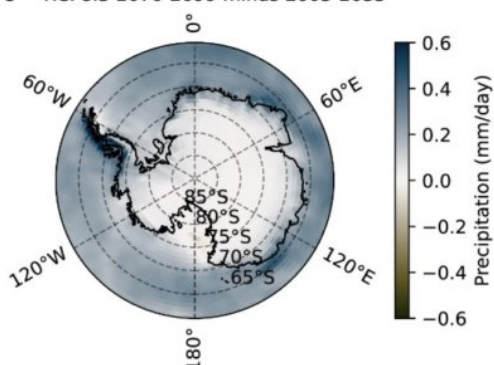
a RCP8.5 2070-2099 minus 2005-2035



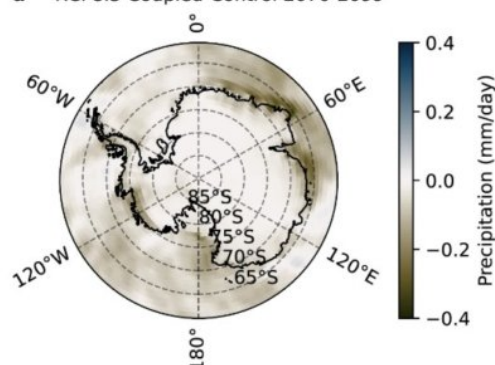
b RCP8.5 Coupled-Control 2070-2099



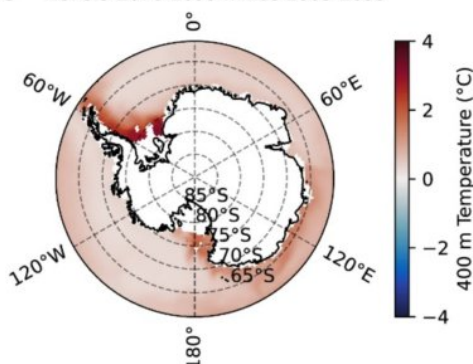
c RCP8.5 2070-2099 minus 2005-2035



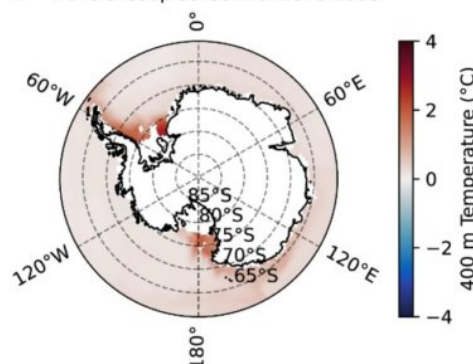
d RCP8.5 Coupled-Control 2070-2099



e RCP8.5 2070-2099 minus 2005-2035



f RCP8.5 Coupled-Control 2070-2099



а Изменение температуры воздуха на поверхности Южного океана (SAT) в связанном моделировании в течение 21 века ,
б Разница SAT между связанным и контрольным моделированием, усредненная за последние 30 лет 21 века , с то же, что и (*а*), но для осадков, *д* то же, что и (*б*), но для осадков, *е* то же, что и (*а*), но для температуры океана на глубине 400 м, *ф* то же, что и (*б*), но для температуры океана на глубине 400 м.
 Карты созданы с помощью Cartopy с цветовыми картами

В сценариях высоких выбросов, по расчётам исследовательской группы, суммарный подъём уровня океана к 2100 году составляет примерно 34 сантиметра. Но к 2200 году значения становятся куда более значительными — выше трёх метров при интенсивном росте выбросов. Даже в сценарии умеренных выбросов уровень моря продолжит подниматься и после 2200 года, превышая один метр. Это объясняется долгосрочной инерцией ледяного щита, который продолжает терять массу даже после стабилизации температуры.

Отдельное внимание авторы уделяют различию между Западным и Восточным антарктическими щитами. Традиционно считалось, что наибольшую угрозу представляет Западная Антарктида, однако новые расчёты показывают: при длительном воздействии климатических факторов вклад Восточного щита может стать сопоставимым или даже более значительным. Этому способствует механизм разрушения ледяных обрывов — ледяных «утёсов», которые теряют устойчивость и могут коллапсировать, что резко ускоряет поступление пресной воды в океан.

Исследователи также подчёркивают, что GRD-эффекты, связанные с изменением гравитации, перераспределением массы и деформацией поверхности планеты, существенно меняют картину будущего уровня моря. Повышение будет происходить неравномерно: некоторые регионы, включая часть побережий Северной Америки, Азии и Европы, вероятно, испытают подъём выше среднего глобального значения, тогда как другие — напротив, могут временно получить более низкие показатели.

Авторы исследования описывают свою работу как шаг к более точным моделям, необходимым для прогнозирования последствий изменения климата в долгосрочной перспективе. Они отмечают, что отсутствие динамики антарктических льдов в прежних климатических симуляциях приводило к систематическому занижению риска будущего повышения уровня океана.

Результаты показывают, что даже при некотором «охлаждающем» эффекте талой воды общий вектор изменений остаётся прежним: антропогенное воздействие существенно меняет устойчивость ледяного щита Антарктиды, а связанное с этим повышение уровня мирового океана остаётся одной из ключевых угроз для прибрежных регионов. Работа подчёркивает необходимость дальнейшего совершенствования моделей и более точного учёта ледяных процессов в глобальных климатических прогнозах.

Перевод: Усманова О., Юлдашева Г.

Верстка и дизайн: Беглов И., Дегтярева А.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz