



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

Эпоха климатических перемен



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2026

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Эпоха климатических перемен

Ташкент 2026

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
Исследование: США нанесли климатический ущерб на \$10 трлн	5
После начала глобального потепления в США стало меньше экстремально жарких дней.....	7
Эксперты: глобальное потепление сдвинуло теплые течения к берегам Антарктиды	11
Потоп и засуха: как глобальное потепление изменит карту мира	13
Ученые выяснили, почему так сложно предсказать дожди и засухи в эпоху потепления.....	18
Факторы воздействия.....	20
Рейтинг темпов роста выбросов: какая страна лидирует по ускорению углеродного следа	20
Изменение климата со времён зарождения цивилизации.....	22
Малайзийская молодежь подала климатический иск к правительству из-за вырубki лесов	44
Изменение климата усиливает угрозу лесных пожаров для видов и экосистем	45
Уточнили механизм быстрого роста доли метана в атмосфере в последние годы.....	46
Мир теряет культурное наследие	47
Ледники мира потеряли 408 гигатонн льда в 2025 году, он оказался одним из худших по глобальному таянию	52
Лёгкие планеты дали сбой: леса Африки перестали поглощать углерод	53
Солнечные панели могут вызывать дождь: климатическая модель показала эффект крупных ферм	54
Сжигание древесины для выработки электроэнергии хуже для климата, чем сжигание газа.....	55

Климат и бедность: почему разделять эти кризисы — опасная ошибка	57
Экстремальная засуха превращает болота из защитников климата в источник углерода.....	60
Изменение климата грозит биоразнообразию: к 2085 году экстремальные явления затронут почти все ареалы обитания видов	61
Европа нагревается быстрее всей планеты. Особенно там, где раньше всегда было холодно	62
Методы адаптации	66
Глобальный сценарий выращивания риса кардинально меняется с потеплением климата	66
Климатические проекты получают «страховой механизм»	70
Технологии.....	72
Учёные предложили способ превращать метан в водород и пропан с меньшими выбросами.....	72
Израильские ученые придумали способ борьбы с глобальным потеплением.....	73

Оценки и прогнозы

Исследование: США нанесли климатический ущерб на \$10 трлн¹

Ученые заявляют, что США, являясь крупнейшим эмитентом углерода в истории, несут «огромную ответственность» за причинение «существенного» вреда в глобальном масштабе.

Согласно новому исследованию, за последние три десятилетия США нанесли миру ошеломляющий ущерб в размере 10 трлн долларов из-за колоссальных выбросов парниковых газов, нагревающих планету. При этом четверть этого экономического удара пришлось на сами Соединенные Штаты, пишет The Guardian.

Являясь крупнейшим источником выбросов углерода в истории, США причинили мировой экономике более значительный вред, чем любая другая страна. Согласно результатам работы, они опережают даже Китай — нынешнего лидера по выбросам, который с 1990 года стал причиной ущерба мировому ВВП в размере \$9 трлн.

Около 25% этого замедления роста ВВП произошло внутри самих Штатов, однако другие страны заплатили еще более высокую цену: экономические потери непропорционально сильно ощущаются в беднейших государствах. Исследование показало, что с 1990 года выбросы США нанесли экономике Индии ущерб примерно в \$500 млрд, а Бразилии — в \$330 млрд.

Демонстранты вышли на марш протеста против проведения глобальной энергетической конференции S&P 2026 года в Хьюстоне, штат Техас, 23 марта.

«Это колоссальные цифры», — признал Маршалл Берк, ученый-эколог из Стэнфордского университета, который руководил новой работой.

Берк добавил, что США «несут большую ответственность: наши выбросы нанесли ущерб не только нам самим, но и весьма существенный вред другим частям света».

¹ Источник: <https://asiaplus.news/2026/04/10/issledovanie-ssha-nanesli-klimaticheskij-ushherb-na-10-trln/> Опубликовано 10.04.2026

Как смерть от тысячи порезов...

Исследование, опубликованное 25 марта в журнале Nature, представляет собой попытку выразить в денежном эквиваленте понятие «потери и ущерб» (loss and damage). Этот термин используется для описания вреда, наносимого обществу из-за опасного повышения глобальной температуры, вызванного сжиганием ископаемого топлива.

Развивающиеся страны призывают более богатые нации, которые выбросили большую часть парниковых газов со времен промышленной революции, оказать им финансовую помощь. Эти средства необходимы для борьбы с последствиями катастрофических волн жары, наводнений, засух и неурожаев, усугубленных растущими температурами.

Новое исследование суммирует этот ущерб, рассчитывая, насколько глобальное потепление ограничило рост ВВП, и распределяя ответственность за это между странами в зависимости от их выбросов с 1990 года. Эта метрика не учитывает все последствия изменения климата, но показывает, как экономики страдают от жары, которая снижает продуктивность работников и перегружает системы здравоохранения.

«Если немного повысить температуру, то, как показывает четкий исторический опыт, экономический рост замедлится, — объяснил Берк. — Если накапливать эти эффекты в течение 30 лет, к концу этого срока вы получите действительно существенные изменения. Это как смерть от тысячи порезов. Причем страдают люди, которые не были причиной проблемы, и это кажется в высшей степени несправедливым».

Гернот Вагнер, климатический экономист из Колумбийской школы бизнеса, отметил: «Прошлые выбросы накапливаются быстро, а ущерб от них — еще быстрее. Выплата полной социальной стоимости углерода за будущие выбросы CO₂ и других парниковых газов окупается многократно».

США отказываются от своих обязательств

Соединенные Штаты Америки долгое время сопротивлялись идее юридической ответственности за загрязнение, нагревающее планету, которое помогло подтолкнуть мир к климатическим условиям, не имевшим аналогов за всю историю человеческой цивилизации.

Дональд Трамп ускорил этот отказ от обязательств: он вывел США из фонда «потерь и ущерба», созданного для помощи уязвимым странам, а

также вышел из глобальных климатических соглашений. Трамп призывает к подходу «бури, детка, бури» (drill, baby, drill) в отношении добычи нефти и газа и принимает беспрецедентные меры для торможения внутренних проектов в области чистой энергии.

«Я не думаю, что наши цифры могут заставить администрацию Трампа вернуться за стол переговоров по вопросам потерь и ущерба, но они определенно говорят о том, что это следует сделать», — заявил Маршалл Берк.

Фрэнсис Мур, эксперт по социальным издержкам климатического кризиса в Калифорнийском университете в Дэвисе, не участвовавшая в исследовании, назвала работу «полезной», но отметила, что она все еще может не в полной мере учесть весь груз ущерба, понесенного беднейшими странами из-за климатического кризиса, который они не вызывали.

«Многие экономисты утверждают, что последствия для благосостояния, когда очень бедный человек теряет доллар, намного серьезнее, чем для более богатого человека, — пояснила она. — Эта разница во влиянии долларового ущерба на благосостояние в богатых странах по сравнению с бедными, в данном исследовании не учитывается».

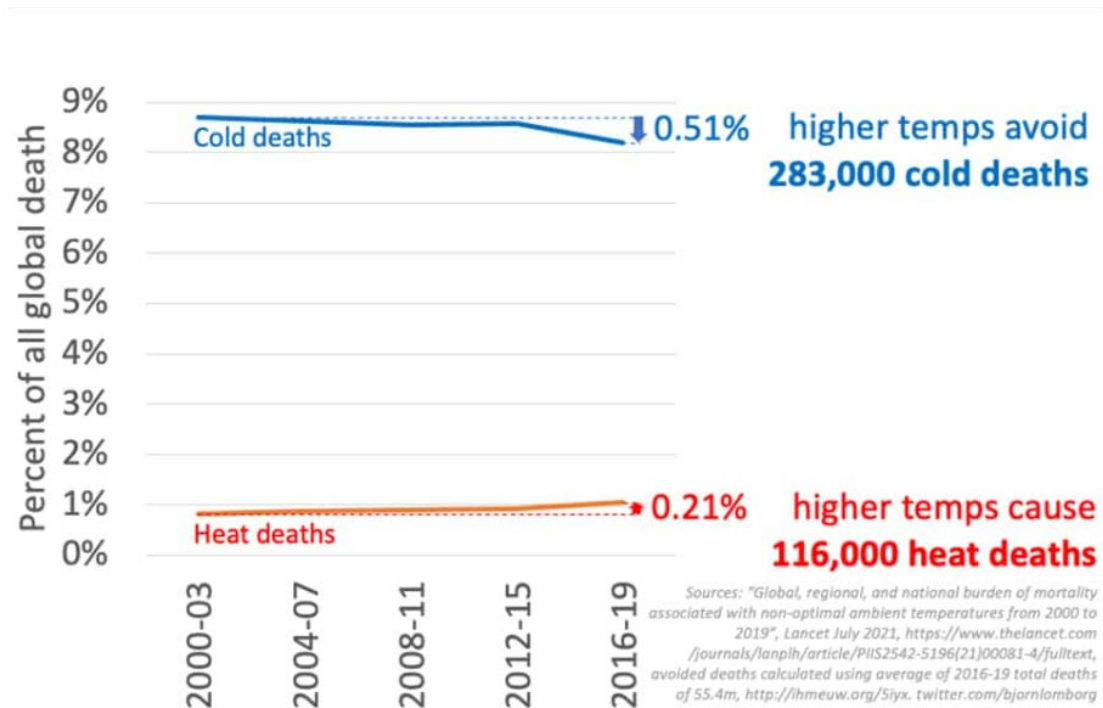
После начала глобального потепления в США стало меньше экстремально жарких дней²

На протяжении десятилетий ключевой проблемой от глобального потепления называли экстремальную жару, способную нанести ущерб здоровью человека и урожаем. Такие опасения высказывали даже российские климатологи — вопреки позиции фактического основателя этой науки в нашей стране. При этом отсутствие однородного массива данных о температуре по всему миру не давало ответа на вопрос, выросла ли частота экстремальной жары на самом деле. Новая научная работа на однородных данных из США ответила на этот вопрос отрицательно.

В мире ежегодно гибнут от слишком низких температур четыре с половиной миллиона человек и еще полмиллиона умирают от температур слишком высоких. Ученые узнали об этом, сравнивая смертность дней с разной температурой: выяснилось, что при отклонении от температуры

² Источник: <https://naked-science.ru/article/climate/posle-nachala-globalnogo> Опубликовано 25.04.2026

минимальной смертности она начинает резко расти. Точка минимальной смертности различается от региона к региону — например, в Бангладеш она +29, а в северных странах может быть и +18. Дополнительно она сдвигается по мере изменения климата: в испанских Мадриде и Севилье за период глобального потепления она выросла на несколько градусов. То есть люди стали проще переносить жару и хуже — холод.



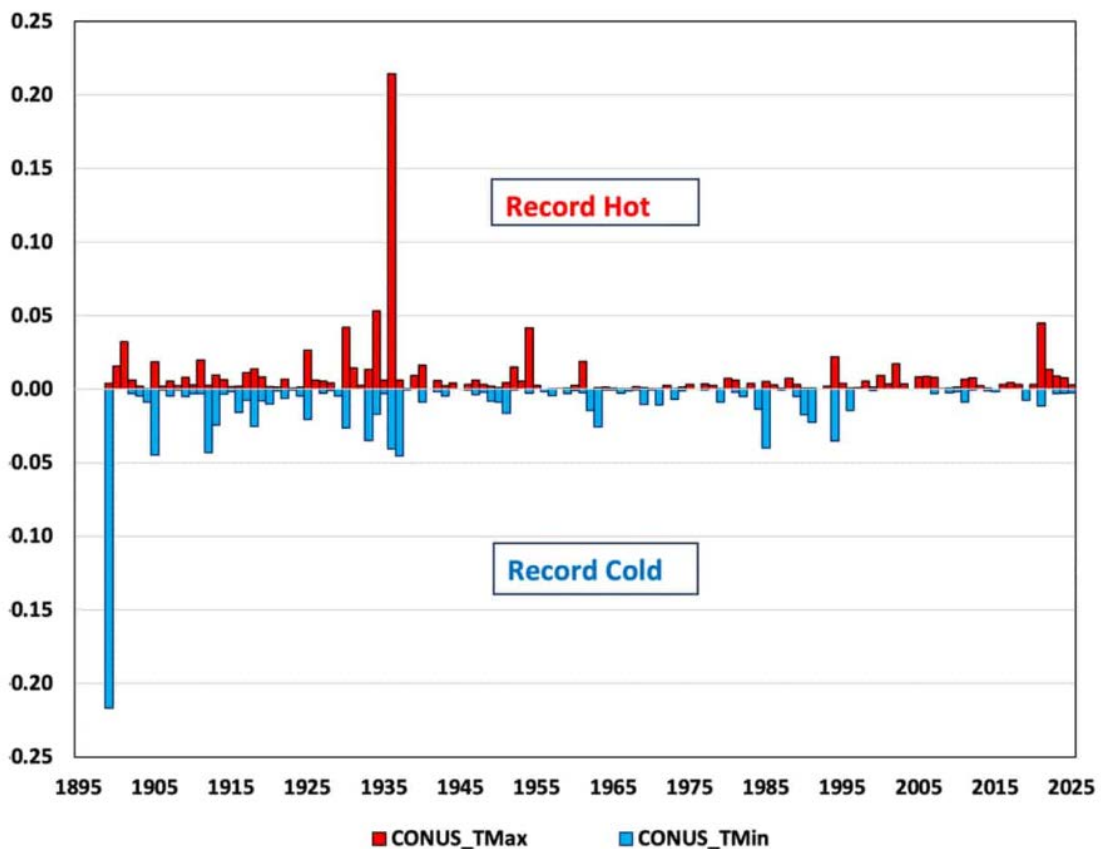
Изменение смертности от неоптимальных температур в первые два десятилетия XXI века. Легко видеть, что сокращение холодных смертей серьезно перекрывает рост смертей от жары, что ведет к сокращению общей температурной смертности

Из этого видно, что смертность от неоптимальных температур превышает количество смертей от войн, голода и эпидемий вместе взятых (за исключением, конечно, периодов редких пандемий или Второй мировой войны). Отсюда огромный интерес ученых к тому, насколько чаще становятся такие температуры по мере глобального потепления. Среди климатологов и борцов с глобальным потеплением идей десятилетия можно было услышать тезис «жаркие места станут жарче, а холодные — холоднее». На его основе выдвигались требования не жалеть средств на борьбу с изменением климата.

Автор новой научной работы, которую опубликовали в *Theoretical and Applied Climatology*, решил проверить этот тезис на большом массиве

однородных данных. Однородность тут играет ключевую роль, поскольку нормы на метеостанциях в разных странах в разные эпохи менялись: где-то не обращали внимание на высоту термометра над землей, где-то — на то, был термометр расположен над обычной землей или над асфальтом или другими видами покрытия. Однако в континентальных Штатах (ниже — просто Штаты) в 1899-2025 годах в этой области существовали стандарты, которым пытались довольно жестко следовать.

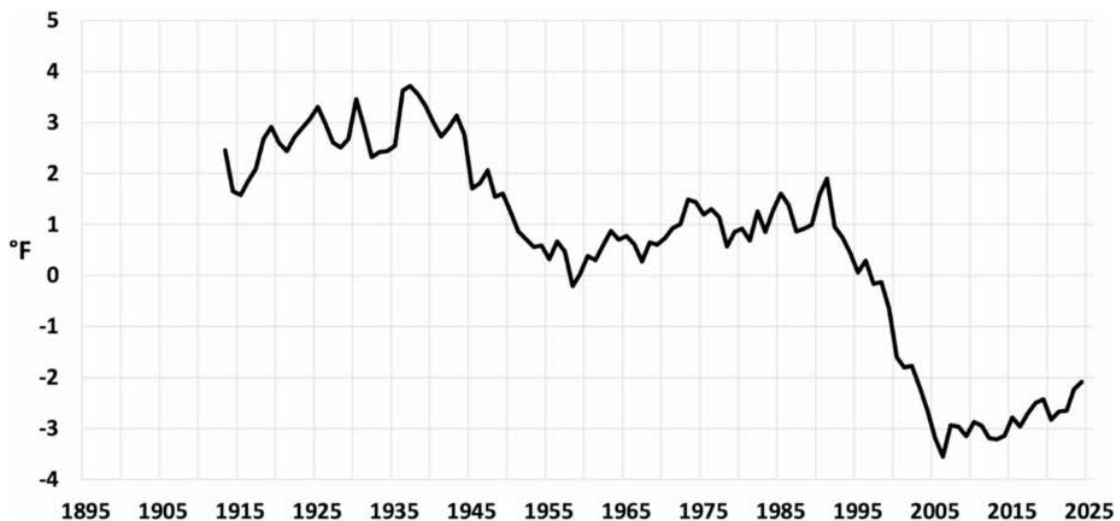
Изучив массив измерений с декабря 1898 года до лета 2025 года, ученый пришел к выводу, отличающемуся от распространенных ранее опасений. Оказалось, что среди пяти лет с самыми высокими дневными температурами в году, лишь 2021 год пришелся на период после начала заметного глобального потепления. Остальные самые жаркие периоды были в 1930, 1934, 1936 (среди них всех самый жаркий) и 1954 годах. Напомним: термометры по всей планете начали регистрировать глобальное потепление лишь после 1980 года. То есть после его начала частота лет с самыми жаркими днями упала, а не выросла.



Рекордно жаркие летние сезоны и рекордно холодные зимние в США за последние 127 лет стали существенно реже

С холодными годами ситуация оказалась еще лучше. Рекордно холодные дни для США были в 1899 году (холоднее, чем в любой другой), 1912, 1905, 1937 и 1936 годы. Интересно, что самые холодные и самые жаркие дни чаще всего случались в 1930-х годах, просто первые — зимой, а вторые — летом. После начала глобального потепления холодные рекорды прошлой эры не были превзойдены.

За счет этого в последние 127 лет 15-летний скользящий разрыв между самыми жаркими и самыми холодными днями в США сократился на 3,3 градуса Цельсия — что чрезвычайно большая цифра для этого показателя. Климат Штатов, таким образом, стал существенно менее резким (аналогичная ситуация наблюдается и в России). Причем, как хорошо видно на графике ниже, основной вклад в это внес именно период после начала заметного глобального потепления.



Разность между 15-летними скользящими средними значений самых жарких и самых холодных температур. Особенно серьезно она просела после 1980-х

Автор констатировал, что при всей важности этих показателей, наиболее разрушительный эффект оказывают периоды волн жары и холода — то есть периоды, когда неоптимальные температуры следуют шесть и более дней подряд. Впрочем, схожие тренды он нашел для всех периодов неоптимальных температур от одного до 11 дней подряд.

Выяснилось, что максимум волн жары пришелся на 1930–1944 годы. Волны холода также убывали после начала глобального потепления. Если в 1930-х дней с волнами холода и жары было 120 в году, то начиная с 1965

года — лишь 65 в году. То есть частота волн холода и жары в Штатах сейчас почти вдвое ниже, чем 90 лет назад.

Как отметил автор работы, эти данные противоречат ранее распространенным в сообществе климатологов тезисам о том, что «изменение климата повышает частоту и силу многих экстремальных погодных и климатических явлений, включая волны жары».

Он подчеркнул, что такие заявления в случае США верны, только если отсчитывать ситуацию от 1960 года: дни с волнами жары за это время стали чаще на три процента, что ученый оценил как незначительный тренд. Однако если использовать более полные данные, то число дней с волнами жары, напротив, упало — причем не на три процента, а на многие десятки процентов. Дни с особо опасными температурами — выше +35 — также стали существенно реже.

Из этого он сделал вывод, что естественная вариабельность волн жары настолько выше небольшого тренда, наблюдавшегося после 1960 года, что он статистически незначим. Исследователь не задается вопросом об источнике естественной вариабельности, но другие ученые ранее предполагали, что им может быть Атлантическая меридиональная опрокидывающая циркуляция, то есть система течений в Атлантике.

Эксперты: глобальное потепление сдвинуло теплые течения к берегам Антарктиды³

Климатологи обнаружили свидетельства того, что в последние несколько десятилетий теплые глубинные течения в приполярных регионах Антарктики быстро сдвигаются в сторону берегов Антарктиды, что ускоряет прогрев подножия ее ледовых массивов. Об этом сообщила пресс-служба британского Кембриджского университета.

«Глобальные климатические модели давно указывали на возможность подобного сдвига в характере движения течений, однако до настоящего времени у нас не было свидетельств этих перемен. Их обнаружение вызывает особенную тревогу, так как эти теплые воды могут начать омыывать подножие ледников Антарктики, что приведет к их дестабилизации», — заявил научный сотрудник университета Джошуа Лэнэм, чьи слова приводит пресс-служба вуза.

³ Источник: <https://tass.ru/nauka/27248371> Опубликовано 28.04.2026

Как объясняют Лэнэм и его коллеги, так называемый Южный океан, опоясывающий берега Антарктиды, играет важную роль в формировании климата Земли, так как в его акватории происходит обмен материей, теплом и газами между глубинными слоями Мирового океана и приповерхностными течениями. Изменения в этих процессах могут резко ускорить глобальное потепление, а также существенно повлиять на доступность питательных веществ для всей океанической фауны.

Расчеты показывают, что глобальное потепление может замедлить формирование прослоек холодной и плотной воды, которая опускается на большие глубины в Южном океане и увлекает с собой большие количества углекислого газа и органики. Британские и американские климатологи подтвердили результаты этих вычислений при анализе данных, которые были собраны в период с 2004 по 2025 год сетью надводных и подводных буйков в рамках океанографической программы Argo.

При помощи ИИ ученые объединили данные Argo с результатами более детальных замеров, которые эпизодически проводились в Южном океане океанографическими кораблями, и проследили за тем, как менялся рисунок приповерхностных и глубинных течений у берегов Антарктиды в последние два десятилетия. Эти расчеты показали, что теплые глубинные течения ежегодно сдвигаются примерно на 1,26 км в сторону берегов южного континента.

Данные перемены усиливают приток тепла в южные приполярные регионы, что в ближайшем будущем может привести к быстрому таянию подножия морских ледников и к их ускоренной дестабилизации. Возникающая в результате этого теплая пресная вода будет мешать охлаждению теплых приповерхностных вод и их погружению в толщу океана, что потенциально замедлит поглощение излишков CO₂ из атмосферы глубинным Мировым океаном, подытожили ученые.

Потоп и засуха: как глобальное потепление изменит карту мира⁴

Государства и города меняют свои границы не только из-за политических потрясений и экономических преобразований. Изменение климата тоже влечет за собой изменения привычной нам географии. В ближайшие годы мы, вполне возможно, увидим изменения на карте мира, связанные с повышением уровня Мирового океана в одних районах, и пересыханием водоемов в других. Какие же территории оказались под угрозой и как с этим бороться?

Города и страны под водой...

Последние 20 лет уровень Мирового океана повышается со скоростью более 3 мм в год. В некоторых бассейнах этот рост заметно выше и составляет порядка 15-20 см. Различия между разными уголками планеты объясняются разной силой ветров и подводных течений. Причины этого явления известны — изменение климата, таяние ледников, термическое расширение воды. По прогнозам Национального управления океанических и атмосферных явлений США (NOAA), к концу XXI века уровень Мирового океана в отдельных местах может вырасти на 2,5 метра.



⁴ Источник: <https://ecosphere.press/2026/04/27/potop-i-zasuha-kak-globalnoe-poteplenie-izmenit-kartu-mira/> Опубликовано 27.04.2026

На первый взгляд эта цифра может показаться не столь значительной. Но, например, 80% территории Мальдивских островов находится на отметке в один метр над уровнем моря. Государство в Индийском океане, куда съезжаются туристы со всего мира посмотреть на живописные атоллы и коралловые рифы, может через несколько десятилетий полностью уйти под воду.

Аналогичная ситуация происходит и с другим островным государством, но уже в Тихом океане — Тувалу. По прогнозам метеорологов, одного цунами достаточно, чтобы уничтожить Тувалу, Кирибати и Маршалловы острова — все три страны полностью уйдут под воду. В ноябре 2021 года министр иностранных дел Тувалу Саймон Кофе в своем обращении для климатического саммита ООН рассказал, что порядка 5000 жителей страны (около половины ее населения) уже эмигрировало в Новую Зеландию. При худшем варианте развития событий переезжать с островов придется всем, и пока не понятно, как в таком случае урегулировать вопросы гражданства при отсутствии территории. Государственные услуги жители Тувалу, видимо, будут получать онлайн. Цифровизация этих процессов уже давно в порядке вещей, но прецедент все равно получается уникальным.

В начале 2022 года решение о переносе столицы приняли власти Индонезии. Причина все та же — повышение уровня моря. Болотистая местность и обилие рек в городской черте, высокая плотность населения и инфраструктуры приводят к тому, что Джакарта постепенно затапливается водами Яванского моря. С похожей проблемой сталкивается и Египет. О планах по переносу столицы министр строительства Мустафа Мабдули объявил еще в 2015 году. По состоянию на конец 2021 года, в город, окончательное название которому еще не придумано, уже перенесена часть правительственных структур (при этом проблема со снабжением его пресной водой так и не решена). В то же время, действующая столица Египта Каир и главный порт страны Александрия регулярно подвергаются наводнениям из-за повышения уровня воды в дельте Нила.

Из европейских городов уйти под воду в ближайшие десятилетия рискуют Амстердам и Венеция, в США — Новый Орлеан, на Ближнем Востоке — иракский порт Басра, в Юго-Восточной Азии — Калькутта в Индии, Хошимин во Вьетнаме, Тяньцзинь и Шанхай в Китае (подробнее о городах под угрозой затопления в нашем материале — ред.). Изменение климата приводит к росту миграции в разных уголках планеты, и повышение уровня океана становится одной из причин этого явления. Люди вынужденно оставляют свои дома, хозяйство и рабочие места.

...И без воды

Одновременно в теплых широтах происходит и противоположный процесс — пересыхание водоемов на фоне глобального потепления и антропогенной нагрузки. Примеры с Аральским и Мертвым морями (по факту являющимися солеными озерами) известны уже много лет. Также с 1960-х годов из-за бесконтрольного забора воды уменьшается уровень озера Чад — одного из крупнейших пресных водоемов Африки. Если не предпринять меры, то, по прогнозам ученых, это грозит катастрофой для более 30 миллионов человек в Нигере, Нигерии, Камеруне и Чаде и разрушением ареала многих видов животных — крокодилов, ламантинов, гиппопотамов. Под угрозой исчезновения находятся Большое Соленое озеро в США (штат Юта), соленое озеро Урмия в Иране и пресноводное Хунцзяньнао в Китае.

Особенно остро проблема оскудения водных запасов стоит на Ближнем Востоке: на 9% территории суши приходится лишь 0,9% воды. Распределение вод основных ближневосточных рек — Тигра, Евфрата, Нила — становится еще одним поводом для межгосударственной напряженности в и так не самом спокойном с геополитической точки зрения регионе. Жители Ближнего Востока — Ирана, Ирака, Сирии, Иордании, Объединенных Арабских Эмиратов — оказываются без доступа к воде и электричеству.

Но самой быстрорастущей пустыней мира остается пустыня Гоби на границе Монголии и Китая, где все больше людей покидают свои дома из-за невыносимых условий жизни. По прогнозам экспертов, к середине XXI века пустыни будут занимать порядка четверти суши, а это чревато разрушением сельскохозяйственных угодий дальнейшим ухудшением жизни людей, необходимостью климатической миграции.

Как считает старший научный сотрудник совместного научно-исследовательского центра при Еврокомиссии Питер Саламон, мировое сообщество может адаптироваться к изменению климата. Но для этого необходимы комплексные меры, без которых число паводков и наводнений в одних областях планеты возрастет в разы, в то время как в других реки, озера и родники продолжают пересыхать.

Можно ли остановить океан?

Причиной повышения уровня Мирового океана становятся выбросы парниковых газов: это общепризнанный факт. О том, как их уменьшить, спорят экологи и климатологи, чиновники и представители бизнеса. Но эта

проблема не решается одним днем, и на повестке дня остается вопрос, как же подготовить городскую инфраструктуру к возможным наводнениям, чтобы избежать человеческих жертв и материальных потерь?

В странах Евросоюза действует система «Коперник», прогнозирующая разливы рек: на основе этих данных власти отдельных стран и городов могут подготовиться к стихии. Для прибрежных районов в ближайшие годы будет создана аналогичная система в рамках Европейской штормовой службы: климатологи таких городов, как Венеция и Копенгаген, работают над адаптацией прибрежных территорий к наводнениям. Данные «Коперника» используются и в Японии: власти Токио вкладывают миллионы долларов в строительство крупнейшего в мире водосбросного канала, перенаправляющего излишки воды обратно в реку Эдо, на которой стоит японская столица.

В интернете риски затопления различных территорий можно отследить на сайте Climate Central, где карты и прогнозы на ближайшие десятилетия составлены с учетом прогнозов экологов и климатологов. Другой вопрос, что же делать с прибрежной инфраструктурой?

Морские дамбы и ограждения уже давно используются для защиты от прибрежных наводнений в разных странах мира. В частности, в США так защищено уже порядка 14% всей континентальной береговой линии. Но у этой технологии есть обратная сторона: даже построенные со знанием технологий и особенностей местности заграждения подвержены разрушению, кроме того, они сами по себе наносят ущерб окружающей среде и сокращают биоразнообразие. К тому же защитные сооружения подвергают риску соседние территории, увеличивая риск наводнений: если вода обойдет защищенный участок, то может затопить близлежащие.

Природные решения приходят на помощь

Альтернатива существующим заграждениям — так называемые «живые береговые линии». Трендом в градостроительстве становятся технологии берегоукрепления с использованием натуральных материалов. Такие технологии учитывают климат, рельеф, почвы, фауну и флору конкретной местности. Для берегов со спокойными водами лучше всего подходят водопоглощающие солончаки, укрепленные уступами из камней, раковин моллюсков или «бревен» из кокосового волокна. Другой альтернативой может стать посадка, например, мангровых зарослей, закрепляющих корни в илистой почве.

«Чтобы создать живую береговую линию, нужно для начала понять, какими были природные условия на конкретном участке», — считает аме-

риканский исследователь Стивен Сайферс. По мере роста растительности и коралловых рифов укрепления становятся только более прочными, а мангровые заросли улавливают отложения и органические вещества, позволяя им набирать высоту быстрее, чем повышается уровень воды.

В то же время, для защиты мегаполисов, таких как Нью-Йорк, подобных экологических решений будет недостаточно. В таком случае дополнить искусственные заграждения природными компонентами становится оптимальным вариантом. Со временем болотные растения прорастают сквозь техногенные конструкции и работают как амортизаторы при ударах волн во время штормов и наводнений.

В 16 крупных городах Китая районы, подверженные затоплению, застраиваются по принципу “губки”. Архитекторы и урбанисты разработали технологии, которые позволяют размещать здания на островах посреди искусственного водоема. Тем самым решаются сразу две задачи: защита городских построек и обеспечение городской среды пресной водой. Сходные принципы применяют и в США, например, в Хьюстоне, штат Техас, и в пригородах Нью-Йорка. Граница между водой и городской чертой оказывается размыта: вода распределяется между постройками, а на береговой территории создаются зеленые пространства и рекреационные зоны.

Управа на засуху

Что же касается засухи, то пока основными методами борьбы с ее последствиями остаются обеспечение доступа к еде, воде, кормам для животных и создание рабочих мест. В то же время, в сельскохозяйственных регионах экономии пресной воды могут способствовать возврат к традиционным методам выпаса скота с низким поголовьем, выращивание деревьев на определенных участках суши, засухоустойчивых и быстрорастущих культур, использование капельного и распылительного орошения для полива.

В Саудовской Аравии с 1970-х годов на территории пустыни создаются искусственные оазисы, вода в которых добывается из-под земли: это помогает выращивать сельскохозяйственные культуры в условиях дефицита осадков. Но если не пополнять запасы подземных вод, они могут иссякнуть, и опустынивание продолжится. На западе страны, на побережье Красного моря, где осадков больше, используются технологии, задерживающие дождевые воды: строятся дамбы и заграждения, а затем запасы пресной воды используются для орошения территорий.

В западной Африке, на территории Сахары для увеличения уровня осадков предлагается использовать ветряки и солнечные панели: даже небольшой дождь способствует росту растений в пустыне.

Экологичные решения проблем, связанных с затоплением и засухой, выглядят привлекательно: возможно, именно так можно спасти многие города, одновременно повысив комфорт для их жителей. Кроме того, это будет менее затратно, чем строительство новых городов, переселение людей, перенос инфраструктуры и государственных учреждений, освоение новых сельскохозяйственных угодий. Но неравномерное распределение ресурсов пока не позволяет укрепить территории в зоне риска по всему земному шару и защитить население. Поэтому актуальности климатической повестки не отменяют даже самые смелые архитектурные и сельскохозяйственные решения.

Ученые выяснили, почему так сложно предсказать дожди и засухи в эпоху потепления⁵

Исследователи Оксфордского университета и ETH Zurich обнаружили серьезный изъян в современных климатических моделях, который мешает точно прогнозировать осадки. Результаты опубликованы в журнале Nature.

Анализ зимних осадков в Северном полушарии с 1950 по 2022 год показал: модели хорошо справляются с расчетом того, сколько влаги удерживает потеплевшая атмосфера, но плохо предсказывают, куда именно эта влага выпадет. А это зависит от крупномасштабных ветровых систем — струйного течения и других циркуляционных потоков, которые определяют маршруты штормов.

Именно здесь кроется главная проблема. Климатические модели недооценивают, как меняются эти ветровые системы под влиянием человеческой деятельности. Например, в Южной Европе модели воспроизводят лишь около 10% наблюдаемых изменений осадков, связанных с циркуляцией.

Ученые выделили две причины такой неопределенности. Первая — атмосферная циркуляция естественно меняется на протяжении десятилетий, и эти колебания могут маскировать или усиливать долгосрочные климатические тенденции. Вторая — модели не улавливают, как именно цир-

⁵ Источник: <https://eco.akipress.org/news:2459895/> Опубликовано 2.05.2026

куляционные потоки реагируют на антропогенное потепление. В итоге трудно понять: наблюдаемые изменения осадков — это временное явление или долгосрочный сдвиг?

Практическое значение исследования очевидно: количество осадков напрямую влияет на производство продовольствия, водоснабжение, риск наводнений и работу энергосистем. Масштабные наводнения в Европе в 2024 году наглядно показали, насколько дорого обходится неточность таких прогнозов.

По словам одного из авторов исследования, доктора Лэй Гу, работа направлена на то, чтобы сделать моделирование осадков более надежным. Следующий шаг — использование высокоточных моделей прогноза погоды Европейского центра среднесрочных прогнозов для лучшего понимания связи между глобальной циркуляцией и региональными рисками наводнений и засух.

Факторы воздействия

Рейтинг темпов роста выбросов: какая страна лидирует по ускорению углеродного следа⁶

За последнее десятилетие самый стремительный рост пришелся на быстро индустриализирующиеся экономики. Вьетнам более чем удвоил свои выбросы в период с 2014 по 2024 год, а Индонезия и Индия также показали резкий рост на фоне увеличивающегося спроса на энергию.

В то же время ряд развитых стран движется в противоположном направлении. Такие государства, как Великобритания, Германия и Япония, значительно сократили выбросы углерода — во многом благодаря отказу от угля и активному внедрению возобновляемых источников энергии.

По данным Global Carbon Budget, в визуализации сравниваются крупнейшие эмитенты по тому, как изменились их выбросы CO₂ от ископаемого топлива и промышленности с 2014 по 2024 год. В совокупности эти страны обеспечивают около 80% мировых выбросов.

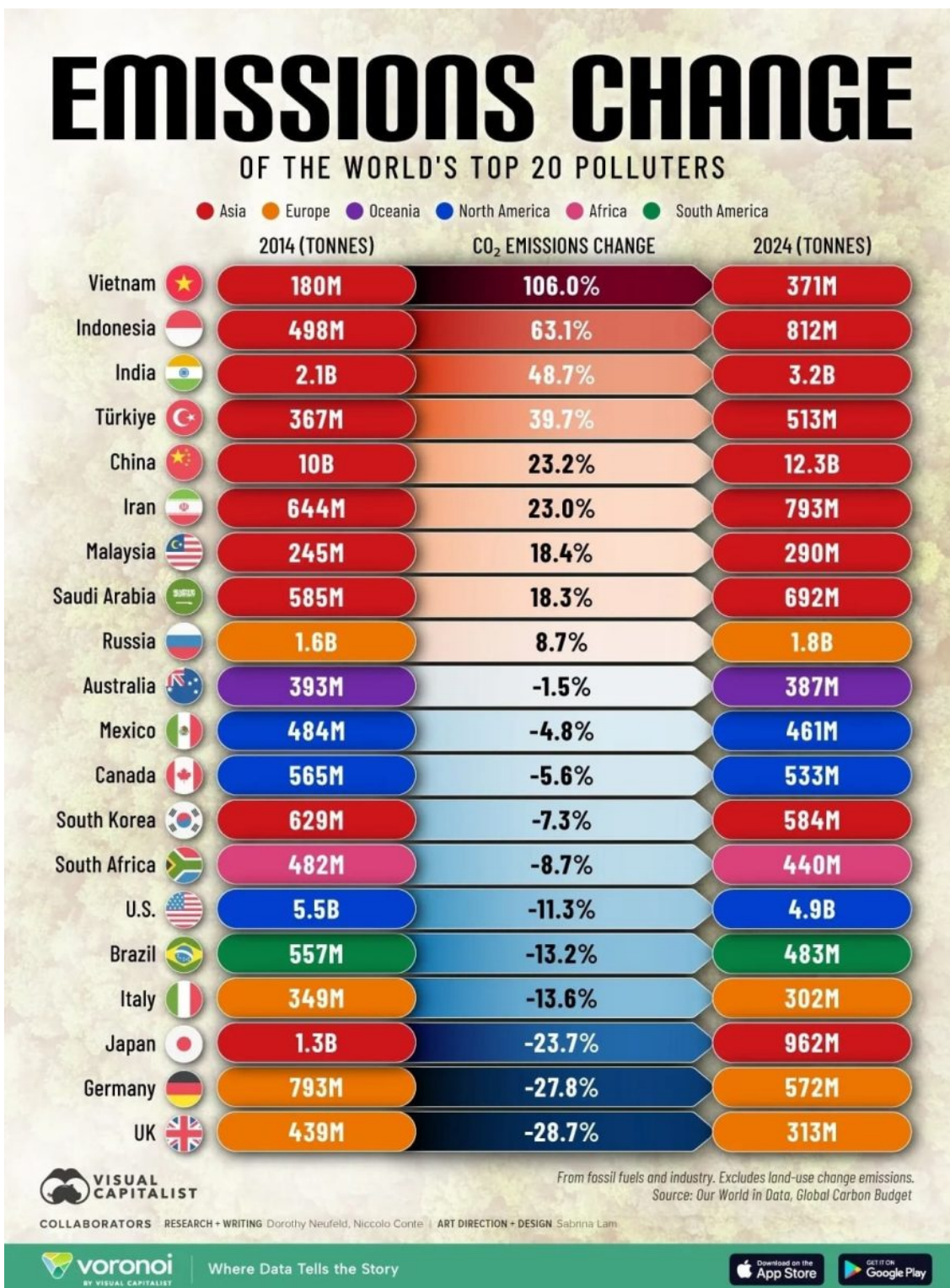
Среди крупнейших эмитентов самые быстрые темпы роста сосредоточены в Азии: Вьетнам (+106%) уверенно лидирует, за ним следуют Индонезия (+63,1%) и Индия (+48,7%).

Одновременно несколько развитых экономик заметно сократили выбросы. Наибольшее снижение показали Великобритания (−28,7%), Германия (−27,8%) и Япония (−23,7%) за тот же период.

Эти тенденции подчеркивают нарастающий разрыв: в развивающихся экономиках выбросы растут быстрее всего, тогда как многие развитые страны их сокращают.

Если же смотреть на абсолютные объемы, ключевую роль по-прежнему играют два крупнейших эмитента — Китай и США, от которых во многом зависит глобальная климатическая траектория.

⁶ Источник: <https://naked-science.ru/community/1182782> Опубликовано 5.05.2026



Рейтинг темпов роста выбросов: какая страна лидирует по ускорению углеродного следа / Visual Capitalist

Выбросы Китая выросли на 23,2% — это увеличение на 2,3 миллиарда тонн с 2014 года. Сам по себе этот прирост превышает годовые выбросы большинства других крупных стран вместе взятых. В отличие от него, США сократили выбросы на 11,3% — до 4,9 миллиардов тонн, главным образом за счет резкого снижения использования угля.

Индия остается третьим по величине источником выбросов: за десятилетие ее углеродный след вырос на 48,7%. Однако есть и обнадеживающий сигнал — в 2025 году (если не учитывать пандемийный 2020-й) темпы роста выбросов оказались самыми низкими за два десятилетия и составили всего 0,7% благодаря рекордному развитию чистой энергетики.

По мере того как производство и спрос на энергию все активнее смещаются в сторону развивающихся рынков, будущая динамика выбросов все больше будет зависеть от того, насколько быстро эти экономики смогут перейти на низкоуглеродные источники энергии.

Изменение климата со времён зарождения цивилизации⁷

Человеческие общества сталкиваются с изменениями климата с момента возникновения земледелия около 10 000 лет назад. Эти изменения нередко оказывали глубокое влияние на человеческие культуры и общества. К ним относятся как межгодовые и десятилетние климатические колебания, подобные описанным выше, так и изменения более крупного масштаба, происходящие на протяжении столетий и даже тысячелетий. Считается, что такие изменения способствовали, а в ряде случаев и стимулировали начальные этапы выращивания и одомашнивания сельскохозяйственных растений, а также одомашнивание животных и переход к скотоводству. Человеческие общества в целом демонстрировали способность адаптироваться к климатическим колебаниям, однако существует множество свидетельств того, что отдельные общества и цивилизации разрушались под воздействием быстрых и резких климатических изменений.

⁷ Источник: Climate change since the emergence of civilization / <https://www.britannica.com/science/climate-change/Climate-change-since-the-emergence-of-civilization> Опубликовано 6.04.2026

Колебания, характерные для столетних масштабов

Исторические данные, а также данные прокси-индикаторов (в частности, годовые кольца деревьев, кораллы и ледяные керны) свидетельствуют о том, что в течение последнего тысячелетия климат претерпевал изменения на столетних масштабах; иными словами, ни одно столетие не было идентичным другому. За последние 150 лет климатическая система Земли вышла из периода, известного как Малый ледниковый период, который характеризовался относительно низкими температурами в регионе Северной Атлантики и ряде других регионов. В XX веке, в частности, во многих частях мира наблюдалась выраженная тенденция к потеплению. Частично это потепление может быть объяснено естественными причинами, включая выход из Малого ледникового периода. Тем не менее, по мнению многих климатологов, основная часть потепления XX века, особенно в последние десятилетия, обусловлена увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, прежде всего углекислого газа (CO₂).

Малый ледниковый период наиболее ярко проявился в Европе и регионе Северной Атлантики, где с начала XIV до середины XIX века преобладали относительно прохладные климатические условия. Вместе с тем этот период не характеризовался устойчиво холодным климатом: межгодовая и десятилетняя изменчивость обуславливала чередование холодных и сравнительно тёплых лет. Кроме того, наиболее холодные фазы не совпадали по времени в разных регионах: в то время как одни территории испытывали относительно тёплые условия, другие подвергались воздействию суровых холодов. Альпийские ледники значительно продвинулись за пределы своих прежних (и современных) границ, разрушая фермы, церкви и деревни в Швейцарии, Франции и других странах. Частые холодные зимы и прохладные дождливые лета приводили к гибели урожая винограда, а также к неурожаю и голоду на значительной части территории Северной и Центральной Европы. В XVII веке, по мере снижения температуры океана, сократились объёмы промысла трески в Северной Атлантике. В начале XV века норвежские колонии на побережье Гренландии оказались изолированными от остальной части норвежского мира вследствие усиления пакового льда и штормовой активности в Северной Атлантике. Западная колония в Гренландии погибла от голода, тогда как Восточная колония была оставлена. Кроме того, Исландия становилась всё более изолированной от Скандинавии.

Малому ледниковому периоду предшествовал этап относительно мягких климатических условий в Северной и Центральной Европе. Этот период, известный как Средневековый тёплый период, продолжался приблизительно с 1000 года н. э. до первой половины XIII века. Мягкие летние

и зимние сезоны способствовали формированию высоких урожаев на значительной части территории Европы. Выращивание пшеницы и виноградарство распространялись на более высокие широты и высоты по сравнению с современными условиями. Норвежские поселения в Исландии и Гренландии переживали период расцвета, а скандинавские мореплаватели активно занимались рыболовством, охотой и исследованием побережий Лабрадора и Ньюфаундленда. Средневековый тёплый период хорошо задокументирован для значительной части Североатлантического региона, в том числе на основе данных ледяных кернов из Гренландии. Однако, как и Малый ледниковый период, он не был климатически однородным и не характеризовался повсеместно одинаково повышенными температурами. В других регионах мира отсутствуют убедительные свидетельства столь же выраженного потепления в этот период.

Учёные продолжают уделять значительное внимание серии интенсивных засух, имевших место в период с XI по XIV века. Эти засухи, каждая из которых продолжалась на протяжении нескольких десятилетий, хорошо зафиксированы в данных дендрохронологии (годовых колец деревьев) на территории западной части Северной Америки, а также в палеоклиматических данных торфяников региона Великих озер. Полученные данные, по-видимому, связаны с аномалиями температуры поверхности океана в Тихом и Атлантическом океанах, однако механизмы этих процессов до настоящего времени остаются не до конца изученными. Имеющиеся свидетельства указывают на то, что значительная часть территории США подвержена риску продолжительных засух, способных оказывать серьёзное, вплоть до катастрофического, воздействие на водные ресурсы и сельское хозяйство.

Тысячелетние и многотысячелетние вариации

Климатические изменения последнего тысячелетия накладываются на более длительные колебания и тенденции, проявляющиеся как в тысячелетнем, так и в многотысячелетнем масштабах. Многочисленные палеоклиматические индикаторы, полученные в восточной части Северной Америки и Европе, свидетельствуют о тенденции к постепенному похолоданию и увеличению эффективной влажности на протяжении последних 3000 лет. Так, в регионе Великих озёр и бассейна реки Святого Лаврентия вдоль границы США и Канады наблюдалось повышение уровня воды в озёрах, формирование и расширение торфяников, а также изменение растительности: влаголюбивые древесные породы, такие как бук и тсуга, расширили ареал на запад, тогда как бореальные виды, включая ель и лист-

венница американская (тамарак), увеличили численность и распространились южнее. Совокупность этих данных указывает на рост эффективной влажности, что может быть связано как с увеличением количества осадков, так и со снижением эвапотранспирации вследствие понижения температуры, либо с одновременным действием обоих факторов. При этом данные закономерности не свидетельствуют о линейном или однородном процессе похолодания; напротив, они отражают сложную структуру климатических изменений. Например, за последние 3000 лет бук распространился к северу, тогда как ель — к югу как в восточной части Северной Америки, так и в Западной Европе. Расширение ареала бука может указывать на более мягкие зимы или удлинение вегетационного периода, тогда как распространение ели, вероятно, связано с более прохладными и влажными летними условиями. Для реконструкции подобных изменений сезонной температуры и влажности в течение голоцена палеоклиматологи используют широкий спектр методов и прокси-индикаторов. Подобно тому как Малый ледниковый период не сопровождался повсеместным понижением температуры, тенденция к похолоданию и увеличению влажности, наблюдавшаяся в течение последних 3000 лет, также не носила глобального характера. В ряде регионов в этот же период, напротив, отмечались более тёплые и засушливые условия. Так, в течение последних 3000 лет в северной части Мексики и на полуострове Юкатан наблюдалось снижение уровня влажности. Подобная пространственная неоднородность является характерной особенностью климатических изменений, связанных с перестройкой атмосферной циркуляции. Изменения циркуляционных режимов приводят к перераспределению потоков тепла и влаги в атмосфере, что, в свою очередь, обуславливает формирование разнонаправленных климатических тенденций в различных регионах. Этим объясняется кажущийся парадокс одновременного проявления противоположных изменений температуры и влажности в разных частях земного шара.

Тенденции последних 3000 лет представляют собой лишь заключительный этап в серии климатических изменений, происходивших на протяжении приблизительно 11 700 лет — текущего межледникового периода, известного как голоцен. В начале голоцена остатки континентальных ледников последнего оледенения всё ещё покрывали значительную часть восточной и центральной Канады, а также отдельные районы Скандинавии. К примерно 6000 лет назад эти ледяные покровы в основном исчезли. Их деградация — наряду с повышением температуры поверхности океана, подъёмом уровня Мирового океана (вследствие поступления талых вод) и, особенно, изменениями радиационного баланса Земли, обусловленными циклами Миланковича (орбитальными изменениями, влияющими на сезонное распределение солнечной радиации), — оказала существенное влияние на атмосферную циркуляцию. Климатические изменения различного

происхождения, происходившие в течение последних 10 000 лет в глобальном масштабе, трудно обобщить кратко. Тем не менее можно выделить ряд общих черт и крупномасштабных закономерностей. К ним относятся: наличие температурных максимумов в раннем и среднем голоцене в ряде регионов, вариабельность характеристик явления ENSO (Эль-Ниньо — Южное колебание), а также усиление муссонной циркуляции в бассейне Индийского океана в раннем и среднем голоцене.

Тепловые максимальные значения

В раннем и среднем голоцене во многих регионах Земли наблюдались температуры, превышающие современные значения. В ряде случаев повышение температуры сопровождалось снижением уровня влажности. Ранее в Северной Америке и некоторых других регионах этот тепловой максимум рассматривался как единое широкомасштабное явление (обозначаемое терминами «альтитермальный период», «ксеротермический интервал», «климатический оптимум» или «термальный оптимум»). Однако в настоящее время установлено, что периоды максимальных температур существенно различались по времени и выраженности в разных регионах. Так, в северо-западной Канаде пик температур был достигнут на несколько тысячелетий раньше, чем в центральной и восточной частях Северной Америки. Аналогичная пространственно-временная неоднородность характерна и для изменений влажности. Например, данные о положении границы между прериями и лесами в Среднезападном регионе США свидетельствуют о расширении прерий в восточном направлении (на территории современных Айовы и Иллинойса) около 6000 лет назад, что указывает на усиление засушливости. В то же время в Миннесоте наблюдалось продвижение лесной растительности на запад, в сторону прерий, что свидетельствует о более влажных условиях. Показателен также пример пустыни Атакама, расположенной на территории современных Чили и Боливии в западной части Южной Америки. Несмотря на то, что в настоящее время это один из наиболее засушливых регионов планеты, в раннем голоцене, когда во многих других районах отмечались максимальные засушливые условия, здесь, напротив, климат был значительно более влажным.

Ключевым фактором, определявшим изменения температуры и влажности в голоцене, являлись орбитальные колебания Земли, приводившие к постепенным изменениям широтного и сезонного распределения солнечной радиации на поверхности планеты и в атмосфере. В то же время пространственная неоднородность климатических изменений была обу-

словлена перестройками атмосферной циркуляции и океанических течений.

Колебания ENSO в голоцене

Учитывая глобальную значимость явления ENSO в современном климате, палеоклиматологи уделяют особое внимание реконструкции его изменчивости в течение голоцена. Несмотря на то, что имеющиеся данные остаются фрагментарными, постепенно накапливаются свидетельства, полученные на основе анализа ископаемых кораллов, годовых колец деревьев, озёрных отложений, результатов климатического моделирования и других источников. Совокупность этих данных позволяет предположить, что: (1) в раннем голоцене колебания ENSO были относительно слабыми; (2) на протяжении последних 11 700 лет интенсивность ENSO изменялась в широком диапазоне временных масштабов — от столетий до тысячелетий; (3) характеристики ENSO, близкие к современным, сформировались в течение последних 5000 лет. Особенно наглядно это проявляется при сопоставлении реконструкций ENSO за последние 3000 лет с современными наблюдениями. Причины долгосрочной изменчивости ENSO остаются предметом активных исследований. Тем не менее результаты климатического моделирования указывают на существенную роль изменений поступающей солнечной радиации, обусловленных орбитальными циклами Миланковича.

Усиление муссонной циркуляции в бассейне Индийского океана

Значительная часть Африки, Ближнего Востока и Индийского субконтинента находится под воздействием выраженного сезонного климатического режима, связанного с муссонной циркуляцией в бассейне Индийского океана. Климат региона характеризуется чёткой сезонностью, проявляющейся в чередовании сухого зимнего периода с преобладанием ясной погоды и влажного летнего сезона, сопровождающегося облачностью и обильными осадками. Интенсивность муссонов, как и другие характеристики климатической системы, подвержена межгодовой, декадной и столетней изменчивости, частично связанной с явлением ENSO и другими климатическими колебаниями. Палеоклиматические данные свидетельствуют о значительных изменениях муссонной активности в течение голоцена. Результаты палеонтологических и палеоэкологических исследований указывают на то, что в раннем голоцене (примерно 11 700–6000 лет назад)

на обширных территориях региона количество осадков значительно превышало современные значения. Так, под песками ряда районов пустыни Сахара обнаружены озёрные и болотные отложения, относящиеся к этому периоду. Эти отложения содержат остатки фауны (включая слонов, крокодилов, бегемотов и жирафов), а также пыльцу, свидетельствующую о распространении лесной и редколесной растительности. В засушливых и полувлажных районах Африки, Аравии и Индии в прошлом существовали крупные и глубокие пресноводные озёра в бассейнах, которые в настоящее время либо полностью высохли, либо представлены мелкими солёными водоёмами. Более влажные климатические условия способствовали развитию ранних аграрных обществ. В частности, Хараппская цивилизация на северо-западе Индийского субконтинента и на территории современного Пакистана процветала в регионах, которые впоследствии подверглись аридизации.

Эти и аналогичные данные, наряду с палеонтологическими и геохимическими свидетельствами, полученными из морских отложений, а также результатами климатического моделирования, указывают на значительное усиление муссонной циркуляции в бассейне Индийского океана в раннем голоцене. Усиленный муссон обеспечивал поступление значительных объёмов влаги вглубь африканского и азиатского континентов. Данное усиление было обусловлено повышенной летней инсоляцией, которая около 11 700 лет назад превышала современные значения примерно на 7 % и являлась следствием орбитальных факторов — изменений эксцентриситета, прецессии и наклона земной оси. Повышенная инсоляция приводила к росту летних температур воздуха и снижению атмосферного давления над континентальными районами, что, в свою очередь, способствовало усилению притока влажного воздуха из Индийского океана. Результаты климатического моделирования показывают, что муссонная циркуляция дополнительно усиливалась за счёт положительных обратных связей в системе «атмосфера — растительность — почвы». Увеличение количества осадков способствовало увлажнению почв и развитию более густой растительности, что, в свою очередь, усиливало влагооборот и способствовало дальнейшему увеличению осадков и более глубокому проникновению влажного воздуха вглубь континента. Снижение летней инсоляции в течение последних 4000–6000 лет привело к постепенному ослаблению муссонной циркуляции в регионе Индийского океана.

Изменение климата с момента появления человека

История человечества — от возникновения рода *Homo* более 2 миллионов лет назад до появления и распространения современного вида (*Homo sapiens*), начавшегося около 150 тыс. лет назад, — тесно связана с климатической изменчивостью. *Homo sapiens* существовал в условиях по крайней мере двух ледниково-межледниковых циклов. Однако его широкая географическая экспансия, значительный рост численности населения, формирование культурного разнообразия и последующее глобальное доминирование стали возможны лишь в течение последнего ледникового периода и особенно ускорились в фазе перехода к современному межледниковью. Ранние двуногие приматы возникли в условиях климатической нестабильности, тогда как *Homo erectus* — вымерший вид, рассматриваемый как один из возможных предков современного человека, — сформировался в более холодных условиях плейстоцена и существовал на протяжении ряда ледниковых и межледниковых циклов. Таким образом, климатическая изменчивость может рассматриваться как один из ключевых факторов, способствовавших эволюции человека, а также формированию разнообразия человеческих культур и цивилизаций.

Последние ледниковые и межледниковые периоды

Последний ледниковый период

Около 125 000 лет назад Земля находилась в межледниковом состоянии, сходном с современным, когда ледниковый покров был ограничен высокими широтами и горными районами. Однако в течение последующих 125 000 лет климатическая система прошла полный ледниково-межледниковый цикл — последний из серии подобных циклов, происходивших на протяжении последнего миллиона лет. Последний этап похолодания и оледенения начался приблизительно 120 000 лет назад. В этот период мощные ледниковые щиты сформировались и сохранялись на значительной части территории Канады и северной Евразии.

После установления ледниковых условий климатическая система неоднократно переходила между различными состояниями: холодными фазами, характеризующимися понижением температуры и ростом ледников, и относительно более тёплыми фазами (хотя и существенно более холодными по сравнению с современными условиями), сопровождавшимися частичным отступлением ледников. Эти колебания, известные как циклы

Дансгора-Эшгера (DO), зафиксированы в ледяных кернах и морских отложениях и повторялись приблизительно каждые 1500 лет. На них накладываются колебания более длительного масштаба — циклы Бонда, с периодичностью около 1400–2200 лет. Каждый цикл Бонда характеризуется аномально холодными условиями, приходящимися на холодную фазу цикла Дансгора—Эшгера, последующим событием Генриха (кратковременной холодной и относительно сухой фазой) и фазой быстрого потепления, следующей за ним. Во время каждого события Генриха в Северную Атлантику выносились огромные массы айсбергов, переносивших в открытый океан обломочный материал (горные породы), захваченный ледниками. Эти события фиксируются в морских отложениях в виде четко выраженных слоёв обломочного материала, перенесённого айсбергами.

Многие переходы между фазами в рамках циклов Дансгора—Эшгера и Бонда происходили быстро и носили резкий характер. В настоящее время они активно изучаются палеоклиматологами и специалистами по системе Земли с целью выявления механизмов, лежащих в основе таких быстрых климатических изменений. В настоящее время считается, что эти циклы обусловлены сложным взаимодействием между атмосферой, океанами, ледниковыми щитами и континентальными реками, оказывающим влияние на термохалинную циркуляцию — глобальную систему океанических течений, обусловленных различиями в плотности, солёности и температуре воды, а не ветром. Термохалинная циркуляция, в свою очередь, играет ключевую роль в перераспределении тепла в Мировом океане, в том числе в рамках таких течений, как Гольфстрим.

Последний ледниковый максимум

За последние 25 000 лет климатическая система Земли претерпела ряд резких климатических переходов. Пик последнего ледникового периода пришелся на 21 500 лет назад и соответствует последнему ледниковому максимуму (LGM). В то время северная треть Северной Америки была покрыта Лорентийским ледником, который простирался на юг до городов Де-Мойн (Айова), Цинциннати (Огайо) и Нью-Йорка. Кордильерский ледяной покров занимал большую часть западной Канады, а также северные районы штатов Вашингтон, Айдахо и Монтана в США. В Европе, Скандинавский ледяной покров покрывал Британские острова, Скандинавию, северо-восточную Европу и северо-центральную Сибирь. Горные ледники были широко распространены и в других регионах, включая низкие широты Африки и Южной Америки. Глобальный уровень моря в это время был примерно на 125 метров ниже современного уровня из-за перераспределения

воды из океанов в ледяные щиты. Температура поверхности Земли в районах, не покрытых ледниками, была примерно на 5 °С ниже современной. Многие виды растений и животных Северного полушария обитали в районах, расположенных значительно южнее своих современных ареалов. Например, сосна Банкса (сосна растопыренная) и серебристая ель росли на северо-западе Джорджии, примерно в 1 000 км к югу от современных границ их ареала в районе Великих озер Северной Америки.

Последнее отступление ледников

Около 20 000 лет назад континентальные ледяные щиты начали таять. Бурение и датировка затопленных ископаемых коралловых рифов дают четкие свидетельства повышения уровня моря по мере таяния льда. Наиболее интенсивное таяние началось 15 000 лет назад. Так, южная граница Лорентийского ледяного щита в Северной Америке 10 000 лет назад находилась севернее региона Великих озер и реки Святого Лаврентия, а 6 000 лет назад щит полностью исчез.

Общая тенденция потепления прерывалась кратковременными холодными фазами – переходными явлениями, наиболее заметным из которых был климатический интервал Младший дриас (12 900–11 600 лет назад). Климатические условия, сложившиеся в период таяния ледников во многих регионах, включая большую часть Северной Америки, не имеют современных аналогов (сегодня не встречаются регионы с такой же комбинацией сезонной температуры и влажности). Например, во внутренних районах Северной Америки климат был гораздо более континентальным, с теплым летом и холодной зимой, чем сегодня. Палеонтологические данные также свидетельствуют о существовании сообществ растений, насекомых и позвоночных, которые сегодня не встречаются совместно ни в одном регионе. В верховьях рек Миссисипи и Огайо ели росли вместе с лиственными породами умеренного пояса (ясень ясень, граб, дуб и вяз). На Аляске в лесных массивах преобладали береза и тополь, тогда как елей, доминирующих в современных лесах Аляски, было очень мало. В период отступления ледников в центральной части Северной Америки и России сосуществовали млекопитающие бореальных и умеренных зон, ареалы которых сегодня значительно разнесены. Эти уникальные климатические условия, вероятно, были обусловлены сочетанием специфической орбитальной конфигурации, которая привела к увеличению летней солнечной инсоляции и её уменьшению зимой в Северном полушарии, а также сохранением северных ледниковых покровов, которые сами по себе влияли на характер атмосферной циркуляции.

Изменение климата и зарождение сельского хозяйства

Первые известные примеры одомашнивания животных произошли в Западной Азии около 11 000–9 500 лет назад, когда впервые начали разводить коз и овец. Одомашнивание растений датируется примерно 9 000 лет назад, когда люди впервые начали культивировать пшеницу, чечевицу, рожь и ячмень. Этот этап технологического прогресса совпал с периодом климатических изменений, последовавших за последним ледниковым периодом. Некоторые ученые предполагают, что, хотя изменение климата создавало трудности для охотничье-собираТЕЛЬСКИХ сообществ, вызывая резкие колебания ресурсов, оно также открывало новые возможности за счет появления новых видов растений и животных.

Ледниковые и межледниковые циклы Плейстоцена

Ледниковый период, достигший своего пика 21 500 лет назад, был лишь самым поздним из пяти крупных ледниковых периодов за последние 450 000 лет. На протяжении более двух миллионов лет — периода, известного как плейстоцен — система Земли чередовала ледниковые и межледниковые периоды. Продолжительность и интенсивность ледниковых фаз увеличивались со временем, при этом особенно заметное усиление произошло между 900 000 и 600 000 лет назад. В настоящее время Земля находится в последнем межледниковом периоде, начавшемся примерно 11 700 лет назад и известном как эпоха Голоцена.

Континентальные оледенения плейстоцена оставили свой след в ландшафте в виде ледниковых отложений и рельефных форм. Однако наиболее точные сведения о масштабах и хронологии ледниковых и межледниковых периодов получают из изотопного анализа кислорода в океанических отложениях. Эти данные позволяют не только напрямую оценивать уровень моря, но и косвенно определить общий объем льда на Земле. Молекулы воды, содержащие лёгкий изотоп кислорода (^{16}O), испаряются легче, чем молекулы, содержащие более тяжёлый изотоп (^{18}O). Ледниковые периоды характеризуются повышенной концентрацией ^{18}O в океанических отложениях, что отражает чистый перенос воды с высоким содержанием ^{16}O из океанов в ледяные щиты. По данным изотопов кислорода, межледниковые периоды обычно длились 10 000–15 000 лет, а максимальные ледниковые периоды имели схожую продолжительность. Большую часть последних 500 000 лет — около 80% времени — климат находился в

промежуточных ледниковых состояниях, которые были теплее, чем пиковые ледниковые периоды, но холоднее, чем межледниковые. В эти периоды значительные ледники покрывали большую часть Канады и, вероятно, Скандинавию. Эти промежуточные состояния не были стабильными и характеризовались непрерывными колебаниями климата, происходившими в масштабе тысячелетий. В Плейстоцене и Голоцене не существовало «среднего» или «типичного» состояния глобального климата; система Земли находилась в постоянном переходном состоянии между межледниковыми и ледниковыми фазами.

Циклическое переключение земной системы между ледниковыми и межледниковыми периодами в конечном итоге обусловлено изменениями орбиты Земли. Однако орбитальные колебания сами по себе не могут полностью объяснить все наблюдаемые климатические колебания. Поэтому учёные, изучающие земную систему, сосредотачивают внимание на взаимодействиях и обратных связях между многочисленными компонентами системы. Например, формирование континентального ледяного покрова увеличивает альбедо поверхности, уменьшая поглощение солнечного света и вызывая дальнейшее охлаждение. Аналогично, изменения растительности суши, такие как замена лесов тундрой, влияют на атмосферу через изменение альбедо и потока скрытой теплоты, связанного с эвапотранспирацией. Леса — особенно в тропических и умеренных широтах, с их большой листовой поверхностью — выделяют значительные объёмы водяного пара и скрытой теплоты посредством транспирации. Растения тундры с мелкими листьями, приспособленные к снижению потерь воды, выделяют лишь небольшую долю того водяного пара, что выделяют леса.

Данные ледяных кернов показывают, что концентрации двух мощных парниковых газов — углекислого газа и метана — снижались в ледниковые периоды и достигали пиковых значений в межледниковые периоды. Это свидетельствует о наличии важных процессов обратной связи в системе Земли: снижение концентрации парниковых газов в ледниковые фазы усиливало и ускоряло охлаждение. В период перехода к межледниковым фазам процессы обратные. Поглощение углерода ледниками остаётся предметом активных исследований. Для полного понимания динамики углерода в ледниковые и межледниковые периоды необходимо учитывать сложное взаимодействие между химическим составом и циркуляцией океана, экологией наземных организмов, динамикой ледниковых щитов, а также химическим составом и циркуляцией атмосферы.

Последнее крупное похолодание

В течение последних 50 миллионов лет система Земли демонстрировала общую тенденцию к похолоданию, кульминацией которой стало формирование постоянных ледяных щитов в Северном полушарии около 2,75 миллиона лет назад. Эти ледяные покровы расширялись и сокращались с регулярной периодичностью, при этом каждый ледниковый максимум отделялся от соседних примерно 41 000-летним интервалом (соответствующим циклу наклона оси вращения Земли). По мере того, как ледяные щиты то нарастали, то таяли, глобальный климат постепенно смещался в сторону более холодных условий, характеризующихся усилением оледенения и снижением температуры в межледниковые периоды. Примерно 900 000 лет назад частота ледниковых и межледниковых циклов изменилась: с тех пор пики оледенения следуют друг за другом с интервалом около 100 000 лет, и система Земли проводит больше времени в холодных фазах, чем раньше. Цикл продолжительностью 41 000 лет сохранился, накладываясь на 100-тысячелетний цикл, и одновременно наблюдается более мелкий цикл с периодичностью около 23 000 лет.

Циклы продолжительностью 23 000 и 41 000 лет объясняются двумя компонентами геометрии орбиты Земли: прецессией равноденствий (23 000 лет) и наклоном оси вращения (41 000 лет). Хотя третий орбитальный параметр — эксцентриситет — изменяется с периодичностью около 100 000 лет, его амплитуда недостаточна для прямого объяснения 100-тысячелетних ледниковых и межледниковых циклов последних 900 000 лет. Происхождение этой 100-тысячелетней периодичности остаётся одним из ключевых вопросов в современных палеоклиматических исследованиях.

Изменение климата на протяжении геологической эпохи

За свою 4,5-миллиардную историю система Земли претерпела множество радикальных изменений, среди которых особое место занимают климатические колебания, различавшиеся по механизмам, масштабу, темпам и последствиям. Многие из этих прошлых изменений остаются неясными и вызывают научные споры, а некоторые были выявлены лишь недавно. Тем не менее, они оказали значительное влияние на историю жизни на планете, причём некоторые события радикально изменили ход эволюции. Сама жизнь также стала фактором этих изменений: процессы фотосинтеза и биогеохимические круговороты в значительной мере определяли

химический состав атмосферы, океанов и геологических отложений Земли.

Климат кайнозойской эры

Кайнозойская эра, охватывающая последние 66 миллионов лет, то есть период после массового вымирания, ознаменовавшего конец мелового периода, характеризуется значительными климатическими колебаниями, для которых типично чередование периодов глобального потепления и похолодания. За это время Земля пережила как экстремальную жару, так и экстремальный холод. Эти изменения были обусловлены тектоническими процессами, которые изменили расположение и высоту континентов, конфигурацию океанических проливов и батиметрию океанов. Влияние различных компонентов системы Земли — атмосферы, биосферой, литосферой, криосферы и гидросфере — на климат признаётся всё более значимым как на глобальном, так и на региональном уровнях. В частности, концентрации углекислого газа в атмосфере значительно колебались в течение кайнозоя по причинам, которые пока полностью не изучены, хотя эти колебания, несомненно, были связаны с взаимодействием между различными сферами Земли.

Орбитальные воздействия также присутствуют в кайнозое, однако на столь обширной временной шкале орбитальные изменения рассматриваются как колебания на фоне медленно меняющихся климатических тенденций более низкой частоты. Недавние палеоклиматологические исследования показывают, что климатические эффекты, связанные с эксцентриситетом, прецессией и наклоном оси вращения Земли, усиливались в холодные фазы кайнозоя и ослаблялись в теплые периоды.

Метеоритный удар, произошедший в конце мелового периода или незадолго до него, пришёлся на период глобального потепления, продолжавшегося до начала кайнозоя. Тропическая и субтропическая флора и фауна встречались на высоких широтах по крайней мере до 40 миллионов лет назад, а геохимические данные морских отложений свидетельствуют о тёплых океанах. Период максимальных температур пришёлся на конец палеоцена и начало эоцена (59,2–41,2 млн лет назад). Наивысшие глобальные температуры кайнозоя наблюдались во время палеоцен-эоценового теплового максимума (ПЭТМ) — короткого периода продолжительностью около 100 000 лет. Хотя основные причины этого явления остаются не до конца ясными, его начало около 56 миллионов лет назад было стремительным — в течение нескольких тысяч лет — и вызвало значительные экологические последствия, включая массовое вымирание в морских и наземных

экосистемах. Температура поверхности моря и континентального воздуха повысилась более чем на 5 °С в период перехода к ПЭТМ. В высоких широтах Арктики температура поверхности моря, возможно, достигала 23 °С, что сопоставимо с современными субтропическими и тёплыми умеренными морями. После ПЭТМ глобальные температуры снизились до уровней, предшествовавших ПЭТМ, но в течение следующих нескольких миллионов лет, в так называемый эоценовый оптимум, они вновь постепенно повысились почти до значений ПЭТМ. За этим температурным максимумом последовало устойчивое снижение глобальных температур к границе эоцена и олигоцена, произошедшей около 33,9 миллиона лет назад. Эти изменения хорошо отражены в морских отложениях и палеонтологических данных с континентов, где растительные зоны смещались в сторону экватора. Механизмы, лежащие в основе тенденции к похолоданию, изучаются и, вероятно, во многом связаны с тектоническими процессами. В этот период произошло постепенное открытие морского прохода между Тасманией и Антарктидой, за которым последовало формирование пролива Дрейка между Южной Америкой и Антарктидой. Последнее изолировало Антарктиду в пределах холодного полярного моря и оказало глобальное влияние на океаническую и атмосферную циркуляцию. Недавние данные свидетельствуют о том, что снижение концентрации углекислого газа в атмосфере в этот период, возможно, положило начало устойчивой и необратимой тенденции к похолоданию на следующие несколько миллионов лет.

В Антарктиде в олигоцен сформировался континентальный ледяной покров, который сохранялся до резкого потепления около 27 миллионов лет назад. Поздний олигоцен и ранний–средний миоцен (28,4–13,8 млн лет назад) были относительно теплыми периодами, хотя и значительно прохладнее, чем эоцен. Охлаждение возобновилось около 15 миллионов лет назад, и антарктический ледяной покров вновь расширился, покрыв большую часть континента. Тенденция к похолоданию сохранялась вплоть до позднего миоцена и усилилась в начале плиоцена, примерно 5,3 миллиона лет назад. В этот период Северное полушарие оставалось свободным ото льда, а палеоботанические исследования свидетельствуют о наличии флоры, характерной для прохладного умеренного климата плиоцена, в высоких широтах Гренландии и Арктического архипелага. Оледенение Северного полушария, начавшееся около 3,2 миллиона лет назад, было обусловлено тектоническими событиями, такими как закрытие Панамского пролива и поднятие Анд, Тибетского нагорья и западных районов Северной Америки. Эти тектонические изменения привели к перестройке циркуляции океанов и атмосферы, что способствовало формированию устойчивого ледяного покрова в высоких северных широтах. Кроме того, к этому оледенению, вероятно, способствовали относительно низкие концентрации

углекислого газа, которые сохранялись, по крайней мере, с середины олигоцена (около 27,8 млн лет назад).

Климат фанерозоя

В Фанерозойскую эру (от 541 млн лет назад до наших дней), охватывающую весь период существования сложных многоклеточных организмов на Земле, наблюдалось необычайное разнообразие климатических условий и переходных процессов. Сам по себе огромный возраст многих из этих климатических режимов и событий затрудняет их детальное понимание. Тем не менее, благодаря обширным геологическим данным и интенсивным исследованиям ученых, ряд периодов и переходных этапов хорошо известен. Кроме того, вырисовывается четкая картина низкочастотных климатических колебаний, в рамках которой система Земли чередует теплые («парниковые») фазы и холодные («ледниковые») фазы. Теплые фазы характеризуются высокими температурами, высоким уровнем моря и отсутствием континентальных ледников. Холодные фазы, в свою очередь, отличаются низкими температурами, низким уровнем моря и наличием континентальных ледяных покровов, по крайней мере в высоких широтах. На эти чередования накладываются колебания более высокой частоты, при которых холодные периоды встраиваются в парниковые фазы, а теплые периоды — в ледниковые фазы. Например, ледники формировались в течение короткого периода (от 1 до 10 млн лет) в поздней Ордовикской эпохе и ранней Силурийской эпохе, в середине ранней палеозойской парниковой фазы (541–359 млн лет назад). Аналогичным образом, теплые периоды, сопровождавшиеся отступлением ледников, наблюдались в рамках позднекайнозойского холодного периода в поздней Олигоцене и ранней Миоцене эпохах.

В течение последних 30–35 миллионов лет, с момента формирования ледяных покровов в Антарктиде, система Земли находилась в ледниковой фазе. Предыдущая крупная ледниковая фаза произошла примерно 359–252 миллиона лет назад, в Каменноугольный и Пермский периоды поздней палеозойской эры. Ледниковые отложения этого времени обнаружены на большей части Африки, а также на Аравийском полуострове, в Южной Америке, Австралии, Индии и Антарктиде. В то время все эти регионы входили в состав Гондваны — высокоширотного суперконтинента Южного полушария. Ледники, покрывавшие Гондвану, простирались как минимум до 45° южной широты, что сопоставимо с широтой, до которой доходили ледяные покровы Северного полушария в плейстоцене. Некоторые ледники позднего палеозоя доходили ещё дальше к экватору — до 35°

южной широты. Одной из наиболее характерных черт этого периода являются циклотемы — повторяющиеся осадочные слои, состоящие из чередующихся песчаников, сланцев, угля и известняков. Крупные угольные месторождения Аппалачского региона Северной Америки, Среднего запада США и Северной Европы относятся к этим циклотемам, которые, вероятно, отражают повторяющиеся трансгрессии (образование известняков) и регрессии (образование сланцев и углей) береговых линий океана в ответ на изменения орбиты Земли.

Две наиболее заметные теплые фазы в истории Земли пришлись на мезозойскую и раннюю кайнозойскую эры (примерно 252–35 млн лет назад) и на раннюю и среднюю палеозойскую эру (примерно 500–359 млн лет назад). Климат каждого из этих «парниковых» периодов был своеобразен: расположение континентов и батиметрия океанов существенно различались, а наземная растительность отсутствовала на континентах вплоть до относительно позднего периода потепления в палеозое. Оба этих периода характеризовались значительными долгосрочными колебаниями и изменениями климата; современные данные всё чаще свидетельствуют о кратковременных ледниковых эпизодах в середине мезозоя.

Изучение механизмов, лежащих в основе динамики «ледникового–парникового цикла», представляет собой важную область исследований, объединяющую геологические данные и моделирование земной системы и её компонентов. Считается, что два процесса были основными движущими силами климатических изменений в фанерозое. Во-первых, тектонические силы вызывали изменения положения и высоты континентов, а также батиметрии океанов и морей. Во-вторых, колебания содержания парниковых газов также оказывали значительное влияние на климат, хотя в течение этих длительных временных интервалов они в значительной мере контролировались тектоническими процессами, меняющими источники и поглотители парниковых газов.

Климат ранней Земли

Дофанерозойский период, также известный как докембрийский, охватывает около 88% времени, прошедшего с момента зарождения Земли. Этот этап истории земной системы изучен сравнительно слабо. Большая часть осадочных отложений, отражающих состояние атмосферы, океанов, биоты и земной коры ранней Земли, была утрачена в результате эрозии, метаморфизма и субдукции. Тем не менее в различных частях мира сохранились отдельные свидетельства, относящиеся в основном к поздним этапам дофанерозоя. История системы Земли в этот период является крайне

активной областью исследований, отчасти благодаря её значению для понимания происхождения и ранней эволюции жизни на Земле. Химический состав атмосферы и океанов в значительной мере сформировался именно в этот период, при активном участии живых организмов. Геологи, палеонтологи, микробиологи, планетологи, специалисты по атмосфере и геохимии прилагают огромные усилия для изучения этого времени. Три вопроса вызывают наибольший интерес и дискуссии: «парадокс слабого молодого Солнца», роль организмов в формировании атмосферы Земли и возможность того, что Земля пережила одну или несколько фаз глобального оледенения, известных как «Снежный ком».

Парадокс слабого молодого Солнца

Астрофизические исследования показывают, что в ранней истории Земли светимость Солнца была значительно ниже, чем в фанерозое. Фактически, теплоотдача Солнца была настолько низкой, что можно было бы предположить, что вся поверхностная вода на Земле должна была быть полностью замерзшей. Однако имеющиеся данные свидетельствуют об обратном. Объяснение этого «парадокса слабого молодого Солнца», по видимому, связано с наличием в тот период необычно высоких концентраций парниковых газов, в частности метана и углекислого газа. Поскольку со временем светимость Солнца постепенно увеличивалась, концентрация парниковых газов, вероятно, была значительно выше современной. Это приводило бы к чрезмерному потеплению Земли, поэтому концентрация парниковых газов, должна была снижаться пропорционально увеличению солнечной радиации. Такой процесс указывает на существование механизмов обратной связи, регулирующих содержание парниковых газов. Одним из возможных механизмов было выветривание горных пород, зависящее от температуры, которое служит важным поглотителем углекислого газа, удаляя значительные его количества из атмосферы. Дополнительно ученые рассматривают биологические процессы, многие из которых также действуют как поглотители углекислого газа, в качестве дополнительных или альтернативных механизмов регулирования содержания парниковых газов на молодой Земле.

Фотосинтез и химический состав атмосферы

Развитие у фотосинтетических бактерий нового пути фотосинтеза, при котором в качестве восстановителя для углекислого газа вода (H_2O)

заменила сероводород (H_2S), имело радикальные последствия для геохимии земной системы. Молекулярный кислород (O_2) выделяется как побочный продукт фотосинтеза с использованием H_2O , который с энергетической точки зрения более эффективен, чем более примитивный путь с H_2S . Использование H_2O в качестве восстановителя привело к широкомасштабному формированию полосчатых железорудных формаций (BIF), являющихся источником примерно 90% современных железных руд. Кислород, присутствовавший в древних океанах, окислял растворённое железо, которое выпадало на дно океанов. Этот процесс осаждения, при котором кислород расходовался примерно с той же скоростью, с которой образовывался, продолжался миллионы лет, пока не осадилась большая часть железа, растворённого в океанах. Примерно 2 миллиарда лет назад кислород стал накапливаться в растворённом виде в морской воде и выделяться в атмосферу. Хотя кислород сам по себе не является парниковым газом, он играет важную косвенную роль в климате Земли, особенно в рамках углеродного цикла. Учёные продолжают изучать роль кислорода и другие влияния ранней жизни на развитие системы Земли.

Гипотеза «земля-снежок»

Геохимические данные и данные об осадочных отложениях свидетельствуют о том, что в период с 750 до 580 миллионов лет назад на Земле произошло до четырёх эпизодов резкого похолодания. Геологи выдвинули гипотезу, согласно которой во время этих эпизодов океаны и суша были покрыты льдом от полюсов до экватора. Эта гипотеза «снежного шара» является предметом интенсивных исследований и дискуссий. Из этой гипотезы вытекают два важных вопроса. Во-первых, как Земля смогла оттаять после того, как однажды полностью замерзла? Во-вторых, каким образом жизнь смогла пережить периоды глобального оледенения? Предполагаемое решение первого вопроса связано с выбросом огромных количеств углекислого газа вулканами, что могло бы быстро нагреть поверхность планеты, особенно учитывая, что основные поглотители углекислого газа — выветривание горных пород и фотосинтез — были ослаблены из-за замерзшей поверхности Земли. Возможный ответ на второй вопрос заключается в том, что жизнь могла сохраняться в горячих источниках и глубоководных гидротермальных системах, где условия оставались благоприятными даже при замерзшей поверхности.

Противоположная точка зрения, известная как гипотеза «Slushball Earth» (Слякотная Земля), утверждает, что Земля не была полностью покрыта льдом. Согласно этой гипотезе, наряду с массивными ледяными по-

кровами на континентах, некоторые участки планеты — особенно экваториальные океанические регионы — могли сохраняться с тонким слоем льда или открытой водой. В таких условиях фотосинтезирующие организмы могли продолжать улавливать солнечный свет и выживать даже в периоды экстремального холода.

Резкие изменения климата в истории Земли

С 1980-х гг. сформировалась новая важная область исследований — резкие изменения климата. Их изучению способствовало открытие в ледяных ядрах Гренландии и Антарктиды свидетельств резких сдвигов в региональном и глобальном климате в прошлом. Эти явления, подтверждённые также океаническими и континентальными палеоклиматическими данными, сопровождаются внезапными переходами климатической системы Земли из одного состояния равновесия в другое. Такие сдвиги представляют значительный научный интерес, поскольку помогают понять механизмы регулирования и чувствительность климатической системы. В частности, они указывают на наличие нелинейностей, так называемых «точек опрокидывания», когда небольшие постепенные изменения в одном компоненте системы могут вызвать значительные изменения во всей системе. Эти нелинейности возникают из-за сложных обратных связей между различными компонентами земной системы. Например, во время события Молодой дриас (см. ниже) постепенное увеличение поступления пресной воды в Северный Атлантический океан привело к резкому прекращению термохалинной циркуляции в Атлантическом бассейне. Резкие климатические изменения вызывают серьёзную озабоченность в обществе, поскольку в будущем такие сдвиги могут происходить настолько быстро и радикально, что превзойдут способность сельскохозяйственных, экологических, промышленных и экономических систем адаптироваться к ним. Климатологи сотрудничают с социологами, экологами и экономистами для оценки уязвимости общества перед такими «климатическими неожиданностями».

Событие «Молодой дриас» (12 900–11 600 лет назад) является одним из наиболее подробно изученных и хорошо понятных примеров резкого изменения климата. Оно произошло в период последней дегляциации — фазы глобального потепления, когда система Земли находилась в переходном состоянии от ледникового к межледниковому периоду. Молодой дриас характеризовался резким понижением температур в регионе Северной Атлантики; похолодание в Северной Европе и восточной части Северной Америки оценивается в 4–8 °С. Данные наземных и морских исследований свидетельствуют о том, что этот период оказал заметное, хотя и менее вы-

раженное, влияние и на другие регионы Земли. Завершение Молодого дриаса произошло очень быстро — в течение одного десятилетия. Считается, что Молодой дриас был вызван резким ослаблением или прекращением термохалинной циркуляции в Северной Атлантике, играющей ключевую роль в переносе тепла из экваториальных регионов на север (в настоящее время течение Гольфстрим является частью этой циркуляции). Причины такого сбоя продолжают изучаться; предполагается, что его могло вызвать поступление больших объёмов пресной воды из тающих ледников в Северную Атлантику, хотя, вероятно, действовали и другие факторы.

Палеоклиматологи уделяют всё больше внимания выявлению и изучению других резких климатических изменений. Циклы Дансгорда-Эшгера последнего ледникового периода в настоящее время рассматриваются как чередование двух климатических состояний с быстрыми переходами между ними. Охлаждение в Северном полушарии, продолжавшееся около 200 лет и произошедшее примерно 8 200 лет назад, было связано с быстрым сбросом пресной воды из ледникового озера Агассиз в Северную Атлантику через систему Великих озер и реку Святого Лаврентия. Это событие, которое иногда называют «миниатюрной версией Молодого дриаса», повлекло за собой экологические последствия в Европе и Северной Америке, включая быстрое сокращение популяций пихты в лесах Новой Англии. Кроме того, около 5200 лет назад произошёл ещё один аналогичный переход, сопровождавшийся резким снижением уровня воды в озёрах и болотах восточной части Северной Америки. Эти изменения зафиксированы в ледяных кернах высокогорных ледников тропических регионов, а также в данных дендрохронологии, озёрных отложений и торфяников умеренных широт.

Резкие климатические изменения отмечаются и в более ранние геологические эпохи. Вблизи границы палеоцена и эоцена (около 56 млн лет назад) зафиксирован резкий температурный максимум, тогда как признаки быстрого похолодания наблюдаются вблизи границ эоцена и олигоцена (33,9 млн лет назад) и олигоцена и миоцена (23 млн лет назад). Все три явления имели глобальные экологические, климатические и биогеохимические последствия. Геохимические данные свидетельствуют о том, что потепление на границе палеоцена и эоцена было связано с быстрым ростом концентрации углекислого газа в атмосфере, вероятно обусловленным массовым высвобождением углерода и окислением гидратов метана (соединений, кристаллическая структура которых удерживает метан в ледоподобной решётке) на дне океана. По-видимому, последующие эпизоды похолодания стали результатом цепи положительных обратных связей между атмосферой, океаном, ледяными щитами и биосферой, аналогичных тем, что наблюдались в плейстоцене. Другие резкие климатические изме-

нения, такие как палеоцен-эоценовый температурный максимум, зафиксированы на различных этапах фанерозоя.

Очевидно, что резкие изменения климата могут быть вызваны целым рядом процессов. Быстрые изменения внешних факторов способны перевести климатическую систему в новое состояние. К таким воздействиям относятся, например, высвобождение метана из гидратов и внезапный приток талой ледниковой воды в океан. В то же время постепенные изменения внешних факторов могут привести к достижению порогового значения, после чего климатическая система утрачивает устойчивость и быстро переходит в новое состояние равновесия. Такое нелинейное поведение вызывает серьёзную озабоченность, поскольку деятельность человека, включая сжигание ископаемого топлива и изменение землепользования, воздействует на ключевые компоненты климатической системы Земли.

В прошлом люди и другие виды пережили бесчисленные климатические изменения, при этом человек отличается особенно высокой способностью к адаптации. Адаптация к климатическим изменениям — будь то биологическая (у других видов) или культурная (у человека) — происходит наиболее успешно и с наименьшими катастрофическими последствиями, когда такие изменения носят постепенный и в значительной степени предсказуемый характер. К стремительным изменениям адаптироваться значительно сложнее, и они сопровождаются более серьёзными сбоями и рисками. Резкие изменения, особенно непредвиденные климатические «сюрпризы», подвергают человеческие общества и культуры, а также популяции других видов и экосистемы, в которых они обитают, высокому риску серьёзных нарушений. Такие изменения, вероятно, могут оставаться в пределах адаптационных возможностей человечества, но лишь ценой значительных издержек — в экономике, экологии, сельском хозяйстве, здравоохранении и других сферах. Знание климатических изменений прошлого даёт важное представление о естественной изменчивости и чувствительности системы Земли. Эти знания также помогают оценить риски, связанные с воздействием на неё выбросов парниковых газов и изменениями растительного покрова — от регионального до глобального масштаба.

Малайзийская молодежь подала климатический иск к правительству из-за вырубки лесов⁸

В Малайзии шесть молодых активистов подали иск к федеральному правительству и министру природных ресурсов и экологической устойчивости, обвинив власти в бездействии в отношении вырубки лесов и нарушении ранее взятых экологических обязательств.

Речь идет о судебном пересмотре, инициированном в Высоком суде Куала-Лумпура. Истцы — представители молодежи в возрасте от 18 до 30 лет — требуют обязать государство принять меры по сохранению лесов и соблюдению международных обещаний, данных еще на саммите в Рио-де-Жанейро в 1992 году. Тогда Малайзия заявила о намерении сохранять не менее 50% территории страны под лесным покровом.

По данным, приведенным в иске, ситуация близка к критической. Сейчас леса занимают около 54% территории страны, однако значительные площади уже запланированы под преобразование — от 4,27 до 4,51 млн гектаров. Это может привести к снижению показателя до 47–49%, то есть ниже заявленного порога.

Заявители считают, что подобная динамика нарушает их конституционные права, включая право на жизнь и благоприятную окружающую среду, а также принцип равенства, поскольку последствия деградации экосистем в большей степени затронут будущие поколения.

В числе требований — признание факта нарушения прав, а также судебное предписание правительству обеспечить сохранение лесного покрова на уровне не ниже 50% с регулярной отчетностью о достигнутом прогрессе.

Эксперты отмечают, что данный процесс может стать прецедентом для региона. Климатические споры постепенно переходят из сферы политики в юридическую плоскость, усиливая роль судов в вопросах природопользования и защиты экосистем.

Контекст иска отражает более широкую тенденцию: рост числа климатических дел, в которых граждане и общественные группы пытаются через судебные механизмы добиться от государств выполнения экологических обязательств и защиты природных ресурсов.

⁸ Источник: <https://nia.eco/2026/04/10/113114/> Опубликовано 10.04.2026

Изменение климата усиливает угрозу лесных пожаров для видов и экосистем⁹

Учёные исследовали, как изменение климата влияет на риск лесных пожаров и последствия этого процесса для живых организмов. В работе рассматривается связь между климатическими изменениями, такими как повышение температуры и изменение режима осадков, и увеличением вероятности возгораний в природных экосистемах, сообщает Nature.com.

Результаты показывают, что по мере глобального потепления условия, способствующие возникновению пожаров, становятся более распространёнными. Это означает, что территории, ранее менее подверженные пожарам, постепенно входят в зоны риска. Таким образом, всё большее число видов оказывается под воздействием этого фактора.

Авторы подчёркивают, что лесные пожары становятся значимым ограничением для распространения видов. Они могут разрушать привычные места обитания, изменять структуру экосистем и влиять на доступность ресурсов. В результате некоторые виды могут терять возможность существовать в прежних условиях или вынуждены перемещаться в другие регионы.

При этом воздействие пожаров неодинаково в разных частях мира. Оно зависит от сочетания климатических условий, особенностей ландшафта и биологических характеристик самих видов. Однако общая тенденция указывает на расширение зон, где риск пожаров возрастает, а их последствия становятся более заметными.

Исследование также показывает, что уже в настоящее время многие виды сталкиваются с повышенной вероятностью пожаров. В дальнейшем, при сохранении текущих климатических тенденций, такие условия будут возникать чаще. Это приведёт к тому, что новые территории и экосистемы окажутся под угрозой.

Отдельное внимание уделяется способности экосистем к восстановлению после пожаров. Учёные отмечают, что изменение климата может снижать эту способность. В условиях более частых и интенсивных пожаров экосистемы не всегда успевают восстановиться, что создаёт дополнительное давление на живые организмы.

⁹ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/132539.html> Опубликовано 10.04.2026

«Изменение климата увеличивает риск пожаров для многих видов», — отмечают авторы исследования.

В работе подчёркивается, что при оценке последствий изменения климата необходимо учитывать фактор лесных пожаров. Это позволит более точно определить, какие виды и экосистемы находятся в зоне наибольшего риска и требуют особого внимания при разработке мер по их сохранению.

Таким образом, исследование показывает, что изменение климата усиливает воздействие пожаров на природу и расширяет масштабы этой угрозы. В будущем это может стать одним из ключевых факторов, определяющих состояние биоразнообразия в различных регионах мира.

Уточнили механизм быстрого роста доли метана в атмосфере в последние годы¹⁰

Американские и европейские химики выяснили, что аномально быстрый рост концентрации метана в атмосфере Земли в последние годы связан не только с увеличением выбросов этого парникового газа, но и с тем, что доля окисляющих его гидроксил ионов резко сократилась в воздухе в 2019-2024 годах. Выводы исследователей опубликованы в статье в научном журнале *Science Advances*.

«Концентрация метана в атмосфере в промежутке между 2019 и 2024 годами росла с рекордно высокими темпами, порядка 0,7% в год, однако причины этого роста оставались не до конца изученными. Проведенный нами анализ спутниковых данных указывает, что значительная часть этого прироста, около 16%, была связана с резким снижением концентрации ОН-ионов в атмосфере в данный период времени», — пишут химики.

К такому выводу пришла группа европейских и американских химиков под руководством профессора Гарвардского университета Дэниела Джейкоба при изучении спутниковых данных по концентрации метана и других атмосферных газов, которые были собраны в 2019-2024 годах при помощи инструмента TROPOMI на борту европейского климатического спутника Sentinel-5P и японского зонда GOSAT.

Проведенный учеными анализ указал на то, что наблюдавшийся в этом периоде резкий рост в концентрации метана был связан сразу с не-

¹⁰ Источник: <https://tass.ru/nauka/27072173> Опубликовано 10.04.2026

сколькими факторами. Первым из них послужили рекордно быстрые темпы роста выбросов этого газа в атмосферу в 2019-2021 годах, связанные как с антропогенными факторами, так и с ускоренным образованием метана на заболоченных участках суши и в других природных средах.

Начиная с 2021 года ежегодные объемы этих выбросов резко упали, с 601 до 571 млн тонн, что связано с началом пандемии ковида и быстрым ростом эффективности промышленности. При этом общий прирост концентрации метана в атмосфере замедлился относительно слабо, что связано с резким сокращением, на 2%, концентрации гидроксил-ионов (-ОН) в атмосфере. Эти молекулы играют важную роль в окислении метана, и пока у ученых нет четких представлений о том, какие факторы способствуют росту или снижению их доли в атмосфере Земли.

Как показывают расчеты исследователей, падение в концентрации ОН-ионов в атмосфере привело к тому, что молекулы метана остаются стабильными в атмосфере не 10,5 лет, как было в прошлом, а порядка 11,2 лет, что усиливает действие этого парникового газа на климат Земли. Это подчеркивает важность последующего изучения и раскрытия факторов, влияющих на долю гидроксил-ионов в атмосфере и их взаимодействия с метаном, подытожили химики.

Мир теряет культурное наследие¹¹

Изменение климата стало угрозой объектам Всемирного наследия ЮНЕСКО. Экстремальная жара, влага и соль разрушают стены храмов, мечетей и крепостей, грозя превратить в руины великие памятники прошлого.

Войны и революции уже давно угрожают национальным памятникам культурного наследия – в последнее время, например, в Иране и Украине. Однако существует и другая опасность – изменение климата.

Объекты Всемирного наследия ЮНЕСКО – от 4000-летних храмов-пирамид в Ираке до знаменитых, примерно 800-летних статуй на острове Пасхи – все чаще страдают от эрозии и разрушения. Повышение температуры, более сильные штормы и засухи наносят ущерб строительным материалам. Исследование ЮНЕСКО 2025 года показывает: 80 процентов объектов Всемирного наследия находятся под климатическим стрессом, по-

¹¹ Источник: <https://www.dw.com/ru/klimat-protiv-istorii-kak-mir-teraet-kulturnoe-nasledie/a-76740797> Опубликовано 13.04.2026

скольку древние материалы, такие как дерево и камень, почти не способны адаптироваться к повышающимся средним температурам.

Вот некоторые из наиболее уязвимых мест:

«Колыбель цивилизации»: зиккурат в Уре

Тысячи лет истории могут быть стерты, поскольку юг Ирака становится все более жарким. Повышение температуры вызывает сильную эрозию. Посреди пустынного ландшафта возвышается знаменитый зиккурат в Уре – 4000-летний храмовый комплекс, центром которого является храм, посвященный шумерской богине Луны Нанне. Сооружение все больше разрушается. Подвижные дюны и сильные ветры разрушают его структуру.



Древний город Ур на территории современного Ирака

Кроме того, грунтовые воды вследствие жары и засухи становятся все более солеными. Это разрушает сырцовые кирпичи древних месопотамских храмов. «Эти солевые отложения – следствие изменения климата», – подтверждает Казем Хасун из Управления древностей провинции Ди-Кар. Солевые кристаллы проникают в материал, увеличиваются в объеме и постепенно разрушают его.

Руины древнего Вавилона на берегу Евфрата также находятся под угрозой: высокий уровень солей разрушает и здесь строительные кон-

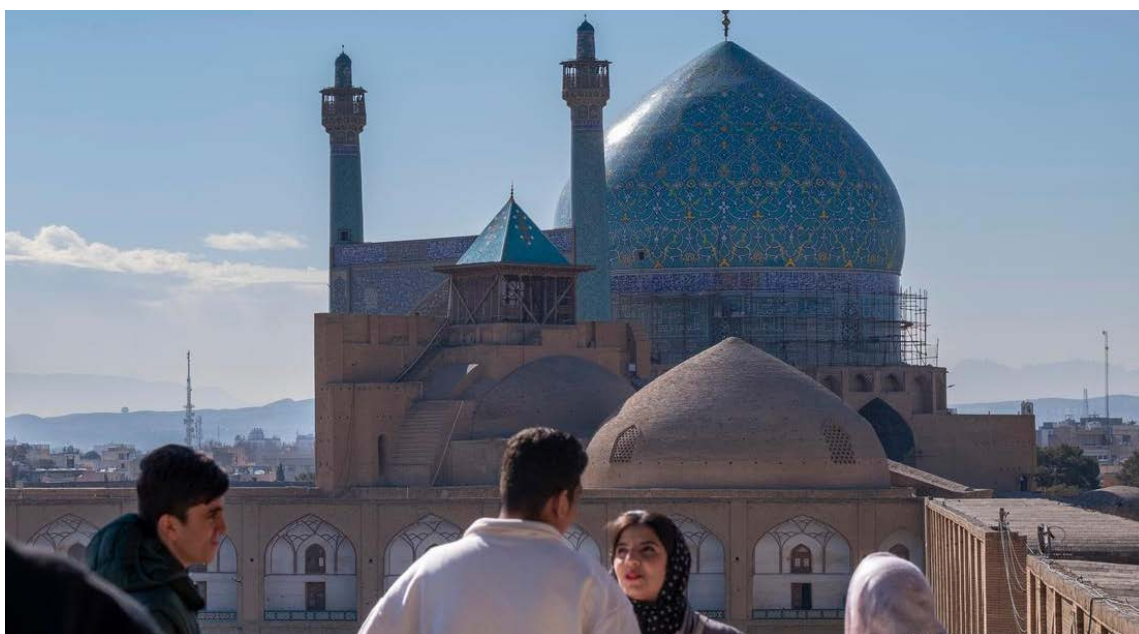
струкции. Археологи пытаются противостоять этому – например, используя обесолонные сырцовые кирпичи, изготовленные по тысячелетним технологиям.

Мечети Исфахана, Иран

В настоящее время историческим памятникам Ирана особенно сильно угрожает война. Однако и изменение климата оставляет здесь заметные следы. Среди пострадавших объектов – исторические мечети города Исфахан.

Центральная мечеть города – Пятничная – демонстрирует развитие исламской архитектуры на протяжении двенадцати веков. Ее строительство началось в 841 году, но она реконструировалась и достраивалась вплоть до конца XX века. ЮНЕСКО называет ее «музеем иранской архитектуры». Своими впечатляющими куполами и богатыми штукатурными украшениями она стала образцом для религиозных и образовательных зданий во многих частях региона – от Ирана до Ирака и Сирии.

Неподалеку расположен Мейдан-е Имам – обширная площадь XVII века. Здесь находится, в частности, знаменитая мечеть Имама с ее голубым куполом и искусной каллиграфией.



Мечеть Имама в Исфахане

Однако здания стоят на нестабильной почве – она проседает из-за постоянно снижающегося уровня грунтовых вод, вызванного засухой. Экс-

тремальные температуры и резкие колебания влажности воздуха дополнительно разрушают постройки. ЮНЕСКО предупреждает: без противодействующих мер этот медленный процесс может привести к трещинам и утрате устойчивости – в худшем случае к обрушению.

Статуи моаи острова Пасхи

Согласно исследованию Гавайского университета, знаменитые статуи моаи на Рапа-Нуи (остров Пасхи) в ближайшие десятилетия могут все чаще оказываться под водой.

Особенно уязвим объект Аху Тонгарики с его 15 монументальными фигурами. Из-за повышения уровня моря усиливаются волны и наводнения, которые, согласно исследованию 2025 года, угрожают более чем половине культурных ценностей этого места. Это стало бы катастрофой не только для мировой культуры, но и для самих жителей Рапа-Нуи, отмечает главный автор исследования Ноа Паоа.



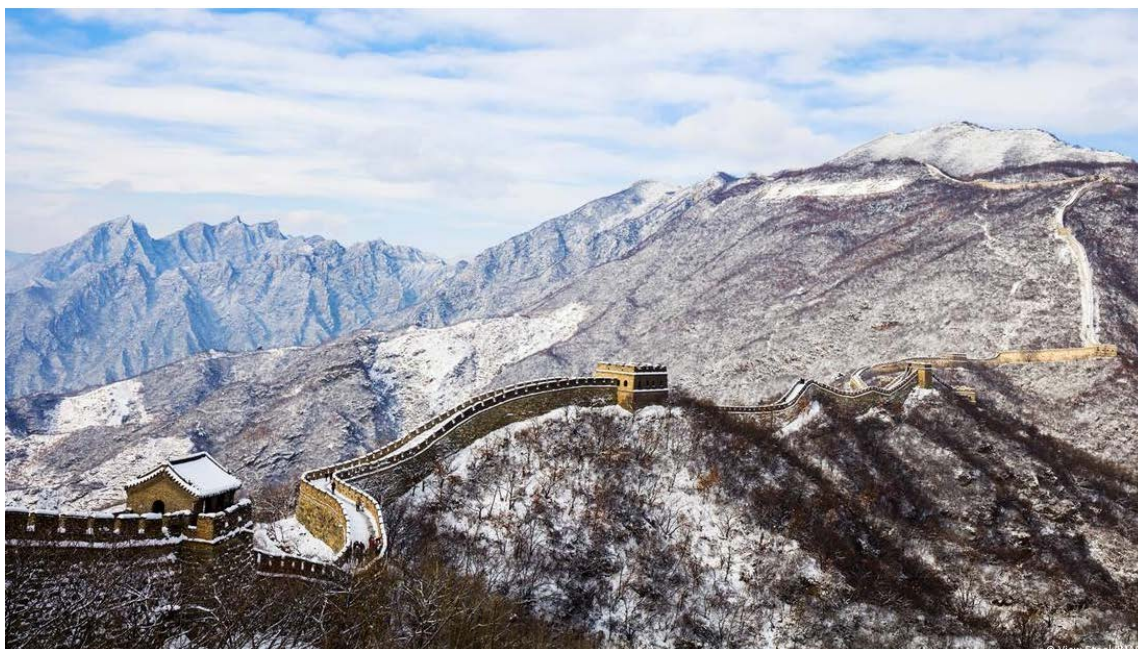
Идолы острова Пасхи

«Эти места имеют центральное значение для нашей идентичности и традиций», – говорит Паоа. Кроме того, от них в значительной степени зависит туризм на острове. «Если мы ничего не предпримем, в долгосрочной перспективе может оказаться под угрозой даже статус острова как объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО», – опасается он.

Великая Китайская стена

Великая Китайская стена протяженностью более 21 000 километров считается одним из грандиознейших сооружений мира. Ее возводили и расширяли более двух тысяч лет, а с 1987 года она входит в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Однако и этот памятник архитектуры находится под угрозой.

Многие участки стены построены из утрамбованной земли и уязвимы перед ветром, дождем и солевыми отложениями. Это приводит к трещинам, разрушению и возможным обрушениям. Сегодня лишь около шести процентов стены находятся в хорошем состоянии, примерно половина уже сильно повреждена или утрачена.



*Лишь около шести процентов Великой Китайской стены
находятся в хорошем состоянии*

Ученые настоятельно призывают к защитным мерам – например, к использованию естественных защитных слоев из лишайника, мхов и других микроорганизмов, так называемой «биокорке».

Таким образом, изменение климата угрожает не только природе, но и культурному наследию человечества, а значит – части нашей общей истории.

Ледники мира потеряли 408 гигатонн льда в 2025 году, он оказался одним из худших по глобальному таянию¹²

Ледники Земли сокращаются тревожными темпами, заявили ученые. По подсчетам, в 2025 году они потеряли в совокупности 408 гигатонн льда. Прошлый год оказался одним из худших по глобальному таянию льдов. Ежегодные потери в 4 раза превысили показатели конца XX века. Об этом сообщает НИАТ «Ховар» со ссылкой на «МИР24».

Исследование было проведено сетью Всемирной службы мониторинга ледников (WGMS). Оно объединило полевые и спутниковые данные со всего мира. Результаты показали, что во всех 19 основных ледниковых регионах мира наблюдалась потеря льда.

Самые большие потери зафиксировали в канадской Британской Колумбии и Альпах. Значительное таяние также пережили ледники в Исландии, Чили и высокогорной Азии.

С 1975 года ледники Земли потеряли почти 10 000 гигатонн льда, почти 80 % из этой массы — на рубеже тысячелетий. Такого объема достаточно для повышения уровня моря на 2,64 см.

Наибольшая потеря льда была зафиксирована в 2023 году — 555 гигатонн. В 1983 году, напротив, наблюдался рекордный прирост массы льда — 115 гигатонн. В этом году во всех частях света наступила погода значительно холоднее среднего уровня. Но похолодание оказалось недолгим и не смогло изменить долгосрочную тенденцию к росту температур и потере льда.

Ученые предупредили, что ускоряющееся таяние льдов может иметь каскадные последствия для уровня моря, экосистем и доступности пресной воды. Они также спрогнозировали, что многие ледники вскоре исчезнут, а целые регионы потеряют свой ледниковый покров в течение ближайших десятилетий, сообщает Nature Reviews Earth & Environment.

¹² Источник: <https://khovar.tj/rus/2026/04/ledniki-mira-poteryali-408-gigatonn-lda-v-2025-godu-on-okazalsya-odnim-iz-hudshih-po-globalnomu-tayaniyu/> Опубликовано 14.04.2026

Лёгкие планеты дали сбой: леса Африки перестали поглощать углерод¹³

Леса Африки, традиционно рассматривавшиеся как один из ключевых природных механизмов сдерживания изменения климата, утратили функцию поглотителя углерода и начали работать в обратную сторону. К такому выводу пришли исследователи из Лестерского университета и партнерских научных центров, опубликовавшие результаты работы в журнале *Scientific Reports*.

Согласно исследованию, перелом произошёл после 2010 года. Если в период 2007–2010 годов африканские леса в целом накапливали углерод, то затем система изменилась: масштабная вырубка и деградация тропических лесов привели к тому, что выбросы стали превышать объём поглощения.

Учёные оценили потери биомассы как ключевого индикатора углеродного баланса. В период с 2010 по 2017 год леса континента ежегодно теряли около 106 млрд килограммов биомассы. Основной вклад в этот процесс внесли тропические влажные леса — прежде всего в Демократической Республике Конго, на Мадагаскаре и в странах Западной Африки. При этом локальный прирост растительности в саваннах оказался недостаточным, чтобы компенсировать эти потери.

Анализ основан на спутниковых данных, включая лазерные измерения NASA и радиолокационные наблюдения, дополненные методами машинного обучения и полевыми измерениями. Это позволило получить детализированную картину изменений лесной биомассы на континенте за более чем десятилетний период.

Авторы исследования подчеркивают, что произошедший сдвиг имеет прямые последствия для глобальной климатической политики. Потеря такого крупного природного «поглотителя» означает, что для достижения целей Парижского соглашения по удержанию потепления в пределах 2°C потребуется ещё более значительное сокращение выбросов.

Эксперты также указывают, что без срочных мер по защите лесов — включая усиление контроля за незаконной вырубкой и запуск масштабных программ восстановления — ситуация может закрепиться. В этом случае один из ключевых природных инструментов регулирования климата будет утрачен.

¹³ Источник: <https://nia.eco/2026/04/14/113186/> Опубликовано 14.04.2026

Солнечные панели могут вызывать дождь: климатическая модель показала эффект крупных ферм¹⁴

Новое исследование, проведенное климатологом Оливером Бранчем из Университета Хоэнхайма, показало, что крупные солнечные фермы в Объединённых Арабских Эмиратах могут вызывать дождевые осадки. В условиях, где вода ценится высоко, это открытие может стать революционным.

Моделирование показало, что тёмные солнечные панели, поглощающие до 95% солнечного света, нагреваются сильнее, чем окружающий их отражающий песок пустыни. Именно эта разница температур создаёт восходящие потоки воздуха, которые способствуют образованию облаков и дождей. Для этого необходим источник атмосферной влаги, и, согласно модели, влажные ветры с Персидского залива могут обеспечить её.

Солнечная ферма площадью 20 квадратных километров может увеличить количество осадков почти на 600 000 кубометров при благоприятных условиях, что эквивалентно 1 см дождя на территории около 60 км². Если такие дожди будут выпадать 10 раз за лето, то это обеспечит водой более 30 000 человек на год.

Однако есть ограничения: в модели использовались более тёмные панели, чем те, что производятся большинством современных производителей. Некоторые современные панели специально делают отражающими, чтобы охлаждать окружающую среду, что снижает эффект образования дождей. Зенгъяо Лу, климатолог из Лундского университета, назвал исследование «очень стимулирующим», но отметил эту проблему.

Бранч надеется, что идея будет протестирована в реальных условиях. Он также предложил высаживать между рядами панелей засухоустойчивые культуры, такие как жожоба, чтобы усилить эффект. В Китае уже строятся солнечные фермы, которые почти достигают необходимых размеров.

Несмотря на перспективы, ОАЭ продолжают активно использовать программу искусственного вызывания дождей, проводя около 300 миссий ежегодно.

По мнению исследователей, модель может быть применима и в других засушливых регионах, таких как Намибия и полуостров Калифорния в

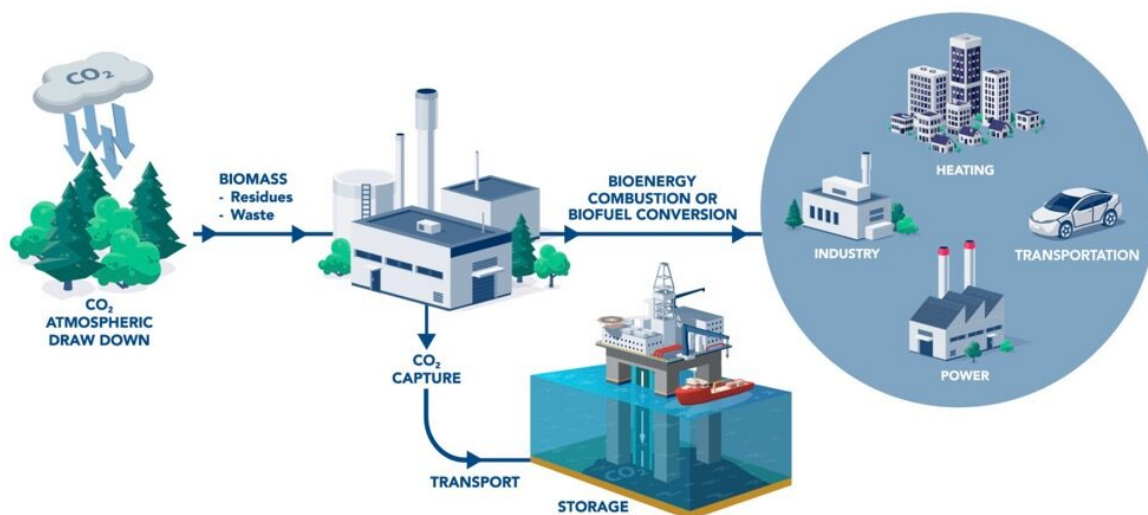
¹⁴ Источник: <https://www.ixbt.com/news/2026/04/17/solnechnye-paneli-mogut-vyzyvat-dozhd-klimaticheskaja-model-pokazala-jeffekt-krupnyh-ferm.html> Опубликовано 17.04.2026

Мексике. Если дальнейшие исследования подтвердят эти выводы, то потенциал солнечных ферм для вызова дождей может стать дополнительным стимулом для развития возобновляемой энергетики в засушливых уголках мира.

Сжигание древесины для выработки электроэнергии хуже для климата, чем сжигание газа¹⁵

В научном журнале Nature Sustainability опубликовано исследование группы учёных из США, Великобритании и Китая с названием «Decades of increased emissions from forest-fuelled BECCS» («Десятилетия увеличивающихся выбросов от установок BECCS, работающих на древесном топливе»). BECCS — это биоэнергетика с улавливанием и хранением диоксида углерода.

Уже из названия понятно, что авторы настороженно относятся к технологии.



Биоэнергетика с улавливанием и хранением углерода (BECCS) рекламируется как экологически чистый способ производства электроэнер-

¹⁵ Источник: <https://renen.ru/szhiganie-drevesiny-dlya-vyrabotki-elektroenergii-huzhe-dlya-klimata-chem-szhiganie-gaza/> Опубликовано 22.04.2026

гии, заменяющий газ и уголь, и который может даже привести к «отрицательным выбросам», поскольку при выращивании новых лесов они поглощают CO₂ из воздуха, а выбросы от сжигания биотоплива улавливаются и захораниваются.

Следует ли государственной климатической политике поощрять биоэнергетику с улавливанием и хранением углерода, использующей древесину из существующих лесов? Такой вопрос ставится в начале работы.

Исследование показало, что сжигание древесины для выработки электроэнергии может быть более вредным для климата, чем сжигание природного газа, даже если образующиеся выбросы углекислого газа улавливаются и захораниваются.

Для оценки выбросов и финансовых затрат учёные разработали модель, которая прозрачно отслеживает потоки углерода от леса до конечного потребителя. Моделируя несколько сценариев использования древесины, авторы обнаружили, что BECCS вряд ли обеспечит отрицательные выбросы в течение 150 лет, и, скорее всего, будет производить более высокие выбросы в течение десятилетий, чем сжигание природного газа без улавливания углерода, и, вероятно, увеличит стоимость электроэнергии примерно в 3,5 раза.

При этом учитывались длительное время, необходимое для восстановления лесов, и ущерб, наносимый при преобразовании существующих саванн, пастбищ или пахотных земель под выращивание биомассы для сжигания.

Более того, по расчетам авторов, даже если сырьё поступает наполовину из отходов и наполовину из быстрорастущих плантаций, для достижения «отрицательных выбросов» могут потребоваться десятилетия.

Результаты отражают тот факт, что большая часть выбросов происходит до электростанции и, следовательно, не может быть уловлена, а также то, что древесина имеет вдвое большую углеродоемкость, чем природный газ, и вырабатывает электроэнергию менее эффективно, отмечают авторы.

В общем, выводы работы свидетельствуют, что проекты биоэнергетики, в которых используется древесина, не полезны для климата и их не стоит субсидировать.

В Великобритании основным генератором электроэнергии на биомассе является электростанция компании Drax. В 2024 году отмечалось, что эта электростанция является крупнейшим эмитентом выбросов CO₂ среди всех электростанций страны. При этом, согласно оценкам, в про-

шлом году Drax получила почти 1 миллиард фунтов стерлингов субсидий на сжигание древесины.

Отмечу, что споры по вопросу экологического/климатического следа от сжигания биомассы ведутся давно, в том числе в Великобритании. Безусловно, «реальный» углеродный след зависит от происхождения древесины, а также протяженности маршрутов её доставки.

Климат и бедность: почему разделять эти кризисы — опасная ошибка¹⁶

Ана Тони, Кевин Уоткинс

Идея, что климатический кризис отвлекает мировое внимание и финансирование от борьбы с бедностью и голодом, усиливает опасные заблуждения по поводу обеих проблем. Для миллионов беднейших людей мира изменение климата — это не некий будущий риск, а сегодняшняя реальность, которая усугубляет их положение, а также неравенство, блокируя пути выхода из крайней нищеты. К сожалению, привычка считать проблемы бедности и климата несвязанными приводит к тому, что они решаются изолированно друг от друга. В результате упускается возможность разработки комплексных стратегий, создающих благотворный круг климатической справедливости, повышенной устойчивости и инклюзивного роста.

Негативное влияние климатических шоков на бедноту становится все заметней. В 2022 году сильные наводнения разорили Пакистан, нанеся ущерб как минимум на \$30 млрд: были уничтожены огромные площади сельхозземель, разрушены дома, дороги, школы, клиники. Уровень бедности, составлявший 21% до наводнений, подскочил до 28% сегодня. В том же 2022 году в странах Африканского Рога наступил пятый подряд сезон без дождей, что привело к сильнейшей за 40 лет засухе. Миллионы детей живут теперь с последствиями начавшегося тогда острого недоедания.

Кроме того, страны мира все чаще сталкиваются с несколькими климатическими шоками одновременно. В Бразилии засуха в бассейне реки Амазонки создает реальную и непосредственную угрозу средствам существования более 30 млн человек, а также хрупким экосистемам и объектам

¹⁶ Источник: <https://forbes.kz/articles/klimat-i-bednost-pochemu-razdelyat-eti-krizisy-opasnaya-oshibka-a90a8f> Опубликовано 25.04.2026

гидроэнергетики. Тем временем бразильский штат Риу-Гранди-ду-Сул еще не восстановился после разрушительных наводнений 2024 года, лишивших жилья более полумиллиона человек и вызвавших рост бедности.

Хотя ни одна страна или группа населения не застрахованы от климатических шоков, по беднейшим людям мира они бьют в первую очередь и сильнее всего. Согласно оценкам, к 2030 году изменение климата может увеличить число людей, живущих в крайней нищете, на 122 млн человек, в основном из-за потерь урожаев и роста цен на продовольствие в странах Африки и Южной Азии. В таких мегаполисах, как Лагос, Дакка и Манила, густонаселенные неформальные поселения подвержены острым рискам сильной жары и наводнений.

Климатические шоки затягивают бедные домохозяйства в ловушку порочного круга. Засухи и наводнения не только уничтожают урожай, но и разрушают дома, убивают скот. Без страховки и доступа к системе соцзащиты бедняки часто вынуждены срочно распродавать как раз те активы, которые нужны им для быстрого восстановления. Гуманитарная помощь может спасти жизни, но ее всегда слишком мало, или она поступает слишком поздно, чтобы не допустить нового погружения людей в нищету.

Как нам предотвратить уничтожение климатическим кризисом десятилетий прогресса в борьбе с бедностью? На наш взгляд, есть два императива. Во-первых, мы должны сохранить в пределах досягаемости цель, поставленную в Парижском климатическом соглашении 2015 года: ограничить глобальное потепление уровнем 1,5°C. Это значит, что мы не можем позволить себе двигаться темпами стран, которые больше всех упираются на переговоры. И поэтому Бразилия призывает создавать многосторонние коалиции стран, готовых работать с той скоростью и в тех масштабах, которые требуются для ускорения перехода к нетто-нулевым выбросам углерода.

Во-вторых, мы должны помочь беднякам адаптироваться к кризису, в создании которого они никак не участвовали. И здесь тоже важны масштабы и скорость. На Конференции ООН по изменению климата в Бразилии (COP30) правительства признали, что их национальные планы климатической адаптации следует интегрировать в стратегии развития. Эти планы, почти полностью финансируемые из национальных бюджетов, дают возможность связать климатическую адаптацию с сокращением бедности. При этом богатые страны обязались утроить финансирование климатической адаптации относительно нынешнего низкого уровня \$40 млрд в год.

Теперь нам надо гарантировать, чтобы увеличение финансирования климатической адаптации принесло эффективные и справедливые результаты там, где это действительно важно — в жизни бедняков. Нынешняя

архитектура не подходит для этой задачи, поскольку она слишком фрагментирована и структурирована вокруг анахроничной идеи различия финансирования для целей, связанных с климатом, развитием и гуманитарной помощью, как будто их можно четко разделить.

Почти все средства, которые сейчас учитываются как финансирование климатической адаптации, обеспечивают двусторонние доноры, многосторонние банки развития (МБР) и механизмы, подобные Зеленому климатическому фонду (GCF), Глобальному экологическому фонду (GEF) и Фонд адаптации (AF). Как отмечали министры финансов накануне COP30, процесс выделения этих средств отличается слабостью координации, пересечением полномочий и сопутствующим соперничеством, акцентом на инициативы малого масштаба, длительными задержками между утверждением проекта и выделением денег. Запрашивая финансирование, правительствам обычно приходится разбивать национальные планы климатической адаптации на отдельные проекты, а этот процесс сопряжен с большими транзакционными издержками.

Значение других мер обычно преуменьшается, и причина отчасти в том, что они считаются частью параллельной работы — «финансирование борьбы с бедностью». Примером служит ситуация с социальной защитой. Уже доказана эффективность национальных программ денежных выплат малоимущим домохозяйствам после климатических шоков. Благодаря цифровой идентификации они позволяют быстро предоставить масштабную помощь, чтобы справиться с последствиями засух и наводнений. Кенийская программа «Сеть защиты от голода» регулярно поддерживает примерно 800 тысяч человек, но во время засух их число возрастает примерно до 4,5 миллионов. В Сомали, Эфиопии и странах Сахеля схожие программы показали, что эффективные сети соцзащиты можно создавать даже тогда, когда у властей ограничены возможности, или они втянуты в вооруженные конфликты.

С точки зрения людей, оказавшихся на острие климатического кризиса, нынешняя система лишена смысла. Нам нужно финансирование климатической адаптации для улучшения доступа к метеорологической информации, засухоустойчивым семенам и новым технологиям ирригации. Но без увеличения инвестиций в соцзащиту климатические шоки станут катализатором беспрецедентного регресса в борьбе с бедностью. В беднейших странах сегодня лишь каждый пятый охвачен соцзащитой.

Поучителен опыт Бразилии. При президенте Луисе Инасиу Луле да Силве соцзащита стала играть центральную роль не только в сокращении бедности и борьбе с голодом, но и в адаптации к изменению климата. Предпринимаются усилия экспортировать эту модель, для чего был создан Глобальный альянс борьбы с голодом и бедностью (GAANP), учрежден-

ный в период председательства Бразилии в «Большой двадцатке». Эта международная платформа позволяет финансовым донорам, МБР и агентствам ООН объединить ресурсы и направить их через национальные системы соцзащиты, реагирующие на климатические риски. Как отмечается в докладе центра ODI Global, такой подход поможет предотвратить дублирование, а также снизить транзакционные издержки и неэффективность.

Сегодня, когда международное сотрудничество в осаде, а бюджеты помощи сокращаются, предельно очевидно, что мы обязаны сменить курс. Уязвимые группы населения, живущие на передовой климатического кризиса, вправе ожидать большего от мультилатерализма.

Экстремальная засуха превращает болота из защитников климата в источник углерода¹⁷

Болота и торфяники при экстремальной засухе могут перестать удерживать углерод и начать активно выбрасывать его в атмосферу. Эти экосистемы занимают около 3% суши, но содержат более 30% почвенного углерода планеты. В норме высокая влажность и дефицит кислорода позволяют накапливать органическое вещество в виде торфа на протяжении тысяч лет, сообщает «МК.ru» со ссылкой на Science.

Моделирование климатического сценария с ростом температуры и концентрации CO₂ показало: при длительной засухе процесс резко меняется. Потеря влаги ускоряет разложение торфа, и накопленный углерод начинает быстро высвобождаться. Ключевой фактор — водный режим. При его нарушении почва насыщается кислородом, что запускает активное разложение органики. Аналогичные переходы от накопления к выбросам уже фиксировались в болотных зонах Северной Америки при потеплении.

Последствия затрагивают не только климат. Болота служат естественными резервуарами воды, поддерживают уровень грунтовых вод и стабилизируют водоснабжение территорий. Их деградация усиливает риск засух, снижает качество воды и влияет на сельское хозяйство — от орошения до урожайности.

Исследование рассматривает крайний сценарий с длительным отсутствием осадков. Даже незначительные дожди способны частично восста-

¹⁷ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/132725.html> Опубликовано 27.04.2026

новить функции торфяников, однако работа показывает предел устойчивости этих экосистем. Вывод связан и с климатической политикой: сохранение болот как поглотителей углерода напрямую зависит от стабильности водного режима. При его нарушении они могут быстро превратиться в источник выбросов, усиливая климатические и аграрные риски.

Изменение климата грозит биоразнообразию: к 2085 году экстремальные явления затронут почти все ареалы обитания видов¹⁸

Учёные проанализировали, как изменится воздействие экстремальных климатических явлений на наземных позвоночных — амфибий, птиц, млекопитающих и рептилий. В исследование вошли данные по 33 936 видам и 794 экорегионам по всему миру.

Рассматривались четыре типа событий: тепловые волны, лесные пожары, засухи и речные наводнения. Расчёты показывают, что к 2050 году при сценарии умеренно высоких выбросов 74 % площади ареалов видов будут подвержены тепловым волнам. Для лесных пожаров этот показатель составит 16 %, для засух — 8 %, для наводнений — 3 %.

Наиболее заметный рост связан именно с тепловыми волнами. К 2085 году они затронут до 93 % территорий, где обитают виды. Значительное увеличение ожидается и для лесных пожаров — до 25 % площади ареалов.

Особенно затронутыми окажутся регионы с высоким биоразнообразием, включая бассейн Амазонки, Африку и Юго-Восточную Азию. При этом воздействие засух и наводнений в среднем остаётся ниже, но также увеличивается со временем.

Отдельное внимание уделено сочетанию нескольких экстремальных явлений. К 2050 году около 14 % территории ареалов видов будут одновременно подвержены как минимум двум типам событий. К 2085 году этот показатель вырастет до 36 %.

Число экорегионов, где более половины площади сталкивается с несколькими экстремальными явлениями, увеличится с 22 к 2050 году до 236 к 2085 году. В первую очередь это касается регионов умеренных широт.

¹⁸ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/132717.html> Опубликовано 27.04.2026

Авторы подчёркивают, что воздействие экстремальных событий может быть различным. В ряде случаев они приносят отдельным видам пользу, например создают новые среды обитания. Однако чаще такие явления приводят к снижению численности, ухудшению условий жизни и гибели животных.

Дополнительный риск возникает при сочетании нескольких факторов. Если экстремальные события накладываются друг на друга или происходят подряд, их влияние усиливается. Это может приводить к более резкому снижению численности видов.

«Изменение климата усиливает экстремальные явления быстрее, чем многие виды способны адаптироваться», — отмечают авторы исследования.

Учёные также указывают, что виды с ограниченными ареалами находятся в наибольшей опасности. Быстрые изменения климата происходят быстрее, чем животные успевают приспособиться или изменить территорию обитания.

Полученные результаты показывают необходимость учитывать сразу несколько типов климатических угроз при разработке мер по сохранению биоразнообразия. Также отмечается, что сценарии с низкими выбросами позволяют снизить масштабы воздействия экстремальных событий.

Европа нагревается быстрее всей планеты. Особенно там, где раньше всегда было холодно¹⁹

Европа стремительно нагревается, особенно в ее самых холодных регионах. В Арктике и Альпах тает климатический щит планеты — ледяной покров, отражающий солнечный свет и замедляющий глобальное потепление, предупредили европейские ученые.

Холодные зимы уходят в прошлое, несмотря на отдельные эпизоды суровых морозов и обильных снегопадов, как в Альпах или в России минувшей зимой, говорится в ежегодном отчете о климатических изменениях от Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF).

«Европа нагревается быстрее других континентов, — сказал глава ECMWF Флориан Паппенбергер. — Практически повсюду среднегодовые

¹⁹ Источник: <https://www.bbc.com/russian/articles/c2k2j4l9qx4o> Опубликовано 29.04.2026

температуры превысили средние значения, и серьезные последствия этого потепления проявляются уже сейчас».

Так, площадь европейской территории, на которой столбик термометра зимой хоть раз опускается ниже нуля, снова сократилась, говорится в отчете. А сильные морозы на 90% континента минувшей зимой наблюдались реже обычного.

«Факты говорят сами за себя: изменение климата не угроза, а реальность», — сказала одна из руководителей ЕСMWF Саманта Берджесс.

Как нагревается Европа. Факты

- На 95% территории Европы среднегодовая температура в 2025 году была выше средней.
- Поверхность океанических вод Европы в 2025 году прогрелась до рекордных значений за всю историю наблюдений. Рекорд побит четвертый год подряд.
- Ледники таяли по всей Европе. В Исландии чистая потеря ледниковой массы оказалась второй по величине за всю историю наблюдений, а снежный покров был на 31% ниже среднего.
- В Средиземном море средняя температура поверхности вод в 2025 году заняла второе место в рейтинге самых жарких лет за всю историю наблюдений.
- Потепление продвигается к Полярному кругу, и тепловые аномалии наблюдаются уже в Норвежском море — участке Северного Ледовитого океана, омывающем берега Исландии и Норвегии.

Какие последствия у потепления?

Главное, что тревожит ученых, — это таяние льдов, поскольку они отражают солнечный свет, а темные воды океана поглощают его, ускоряя нагревание планеты.

Океан покрывает более 70% поверхности Земли и абсорбировал 90% глобального потепления последних десятилетий. На глубине всего несколько десятков метров хранится столько же тепла, сколько во всей атмосфере Земли.

И тут у европейских ученых плохие новости.

Температуры выше среднего и осадки ниже среднего привели к значительной утрате снежного и ледяного покрова в Европе в 2025 году.

«В марте 2025 года площадь снежного покрова в Европе была примерно на 1,32 млн кв. км (31%) ниже средней, что сравнимо с совокупной площадью Франции, Италии, Германии, Швейцарии и Австрии, — говорится в отчете. — Ледяной покров Гренландии потерял 139 гигатонн льда, что примерно в полтора раза больше массы всех ледников европейских Альп».

Еще одна проблема, напрямую связанная с потеплением, — лесные пожары. Из-за изменения климата все чаще случаются жара и засуха. Леса горят, а дым от пожаров увеличивает концентрацию парниковых газов в атмосфере и разгоняет глобальное потепление.

В прошлом году в Европе сгорело свыше 1 млн гектаров леса — это больше территории острова Кипр. И площадь пожаров, и выбросы в атмосферу оказались рекордными за всю историю наблюдений, в том числе в Испании, на Кипре, в Великобритании, Нидерландах и Германии.

Еще одно последствие потепления континента — недостаток воды.

Уровень воды в 70% всех рек Европы в прошлом году оказался необычно низким, а в целом на континенте сток был ниже среднего в течение 11 из 12 месяцев 2025 года.

Но есть и хорошие новости

Несмотря на постоянное потепление климата и общую тенденцию к усилению экстремальных погодных условий, иногда катаклизмы уходят на перерыв.

Так, в прошлом году в Европе в среднем было меньше наводнений и проливных дождей, чем в последние годы.

А жаркое солнце помогает европейцам сократить зависимость от нефти, угля и газа, а следовательно, устранить главную причину энергетического кризиса — зависимости от импорта ископаемого топлива из России и с Ближнего Востока.

Солнечная энергетика заодно позволяет уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу. Именно они и привели к глобальному потеплению — согласно вердикту ученых, под которым подписались почти все государства планеты.

В прошлом году возобновляемые источники обеспечили почти половину европейской генерации электроэнергии. На солнечные панели впервые в истории пришлось 12,5%.

Методы адаптации

Глобальный сценарий выращивания риса кардинально меняется с потеплением климата²⁰

После 9000 лет культивации рис достиг своего температурного предела в традиционных регионах производства и теперь его нужно направить на север для сохранения продовольственной безопасности.

Исторически рис был теплолюбивым растением. Фактически, дикий предок культурного риса когда-то произрастал преимущественно на знойных, дождливых Малайском и Индокитайском полуостровах, а также на островах Юго-Восточной Азии. Лишь после потепления климата Земли после последнего ледникового периода дикий рис значительно распространился в центральный Китай и Южную Азию, где он был независимо одомашнен человеком.

Рис являлся источником пищи для многих древнейших цивилизаций и остается таковым в современном мире. Сегодня половина всех людей получает 20% своих калорий из риса, и более миллиарда человек зависят от производства и распределения риса для своего существования.

Ситуация может скоро измениться. Ученые предупреждают, что в течение следующих 50 лет глобальное потепление, вызванное выбросами парниковых газов, ускорится до темпов, в 5000 раз превышающих те, с которыми когда-либо приходилось сталкиваться рису и многим другим сельскохозяйственным культурам за всю их эволюционную историю.

Даже рис, устойчивый к перегреву, предоставленный самому себе, почти наверняка не смог бы справиться с жарой. С помощью людей, которые тщательно выводят и генетически модифицируют новые сорта, рис, возможно, сможет выжить. Но, как сказал Николя Готье, куратор искусственного интеллекта во Флоридском музее естественной истории, даже самый благоприятный сценарий не радует.

«Эти изменения будут иметь разрушительные последствия, и процесс адаптации не дается бесплатно. Он должен быть целенаправленным и может быть непростым», — сказал он.

²⁰ Источник: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/fakty-mnenija-kommentarii/globalnyi-scenarii-vyraschivaniya-risa-kardinalno-menjaetsja-s-potepleniem-klimata.html> Опубликовано 15.04.2026

Готье — ведущий автор нового исследования, опубликованного в журнале *Communications Earth & Environment*, в котором данные из различных научных дисциплин объединены для прогнозирования возможного будущего риса — или его отсутствия — в условиях быстрого глобального потепления. Прогноз неутешительный.

«Регионы на юге, такие как Индонезия и Малайзия, пострадают сильнее всего, и процесс адаптации не произойдёт в одночасье. Те, кто сегодня зависит от риса как источника средств к существованию, не обязательно смогут получить доступ к новым генетическим сортам, которые будут разработаны», отметил он.

Как рис адаптировался к более прохладному климату

Угроза продовольственной безопасности, создаваемая глобальным потеплением, многогранна, и в случае с рисом она также связана с долгой историей адаптации в противоположном температурном направлении к более холодному климату.

Рис был впервые одомашнен в бассейне реки Янцзы в центральном Китае от 7000 до 9000 лет назад, когда мягкий климат и частые дожди позволили людям развить земледельческие общества по всему миру. Торговые сети связывали эти общества подобно грибным гифам, и ранние сорта риса были среди многих товаров, которые перемещались по ним.

Согласно археологическим данным, рисоводство в Китае начало расширяться на север и восток вдоль реки Хуанхэ и на запад во внутренние районы страны примерно 5000 лет назад и продолжалось на протяжении тысячелетия. Затем, около 4200 лет назад, период резкого похолодания и засухи поразил большую часть Евразии, что привело к упадку нескольких цивилизаций, включая Аккадскую империю и Древнее царство Египта.

Китайские рисоводы адаптировались, выведя новые сорта риса, способные выдерживать более низкие температуры. Появление этих новых холодостойких сортов в конечном итоге позволило распространить производство риса в регионы с более умеренным климатом, такие как Корея и Япония.

Почему жара является более сложным препятствием

Напротив, переход из холодного климата в жаркий может включать в себя нечто большее, чем просто ускорение растением процесса развития.

«Такой гибкости в зоне нагрева не наблюдается, потому что в какой-то момент установка физически перестанет работать», — сказал Готье.

По аналогии, если бы вы переехали в дом к северу от Полярного круга, вы могли бы компенсировать более длинные зимы, проводя большую часть года в помещении и как можно больше времени на открытом воздухе в безмятежные 20-часовые летние дни. Но если вы переедете туда, где лето слишком жаркое, вы можете пострадать от теплового удара. Проводить лето в помещении может быть для вас вариантом, но рис получает все свои питательные вещества от пребывания на солнце и не может позволить себе такой роскоши.

Составление карты температурных пределов риса

Готье хотел определить верхний температурный порог, за которым современные сорта риса не могут развиваться. Работая с коллегами из Нью-Йоркского университета и Вашингтонского университета, Готье объединил археологические и ботанические данные, включая спутниковые снимки, сельскохозяйственные записи и гербарные данные, чтобы выяснить, где рис выращивался исторически и где он растет сейчас.

В результате была создана карта, к которой можно было добавить текущие, исторические и будущие климатические прогнозы. Используя эти данные, ученые определили, что сегодня рис выращивается почти исключительно в районах со средней годовой температурой ниже 28 градусов Цельсия и средней месячной максимальной температурой ниже 40 градусов. Это хорошо согласуется с данными других исследований, которые показывают, что рис начинает проявлять признаки теплового стресса при температуре выше 32,7.

Имея эти исходные данные, авторы использовали артефакты из 803 археологических памятников, чтобы проследить историческое перемещение риса и определить, как это совпадало с прошлыми температурами. Результаты показывают, что за 9000 лет культивирования рис никогда не выращивался в регионе со средней годовой температурой выше 28°C. В Северной Индии и Пакистане было несколько археологических памятников, где средняя месячная максимальная температура превышала 40°C, но, учитывая засушливый климат этих регионов, авторы отмечают, что более правдоподобным объяснением того, как рис оказался в этих местах, может быть дальняя торговля, а не его выращивание там.

Таким образом, 40°C представляется пороговым значением, и любая среднегодовая температура выше 28°C уже находится на грани допустимого.

Где будут выращивать рис в будущем

Наконец, авторы, используя климатические модели, спрогнозировали будущие глобальные температуры, чтобы определить, где у риса может быть шанс расти в течение следующего столетия.

Результаты показывают, что к 2070 году почти на всей территории южного ареала распространения риса, от Индии до Малайзии, среднегодовая температура будет превышать 28°C. Максимальная среднемесячная температура, превышающая 40°C в самые жаркие месяцы года, ожидается на большей части территории Индии, а также в некоторых частях Китая и на Ближнем Востоке.

Индия стала ведущей страной мира по производству риса, ранее этот титул принадлежал Китаю, после того как вырастила почти 150 миллионов метрических тонн рисового зерна. Если бы что-либо внезапно и негативно повлияло на способность Индии выращивать рис, последующий массовый голод стал бы вполне реальной угрозой.

В рамках моделей изменения климата, предполагающих сохранение существующего положения дел, когда страны коллективно не в состоянии существенно сократить выбросы ископаемого топлива, у производителей риса и потребителей есть около 50 лет, чтобы подготовиться к худшему сценарию.

Большая часть этой подготовки и адаптации, вероятно, будет включать выращивание тропических сортов риса в регионах с умеренным климатом, а также выращивание сортов умеренного климата на более высоких широтах, чем те, на которых они сейчас способны расти. Но даже если это предотвратит голод, предупредил Готье, этот процесс все равно будет невероятно сложным, а его последствия будут распределены неравномерно.

«В целом, возможно, весь рис, который не сможет расти в Юго-Восточной Азии, можно будет выращивать, предположим, в Китае, если сравнить его по весу, это не изменит последствий для населения Юго-Восточной Азии, которое не может просто начать выращивать новую культуру с нуля», пояснил он.

Дополнительными соавторами исследования являются Орноб Алам и Майкл Пуруганан из Нью-Йоркского университета и Джейд д'Альпоим Гедес из Вашингтонского университета.

Климатические проекты получают «страховой механизм»²¹

В России готовится запуск нового механизма регулирования углеродного рынка — для климатических проектов вводится обязательный счет резервирования углеродных единиц. Соответствующий проект постановления правительства разработан в развитие действующего законодательства об ограничении выбросов парниковых газов.

Климатические проекты в стране уже реализуются — речь идёт прежде всего о лесовосстановлении, агролесомелиорации и других инициативах, направленных на поглощение углерода. Однако до сих пор в системе отсутствовал инструмент, который учитывал бы риски «обратных выбросов», когда накопленный углерод может вернуться в атмосферу.

Новый механизм фактически вводит такую систему.

Суть его заключается в том, что часть углеродных единиц, полученных в рамках проекта, будет направляться на специальный счет резервирования. Эти единицы выводятся из оборота и используются только в случае, если проект не обеспечивает заявленного экологического эффекта.

Если, например, в результате пожара или деградации экосистемы происходит высвобождение парниковых газов, оператор реестра аннулирует соответствующее количество углеродных единиц из резерва. Если резерв окажется недостаточным, недостающий объём будет списываться со счета исполнителя проекта.

Таким образом, вводится механизм ответственности за результат.

Резервные углеродные единицы не могут быть проданы, переданы или использованы в коммерческом обороте. Они фактически «замораживаются» до завершения проекта или наступления страхового случая.

Механизм в первую очередь касается природных климатических проектов — тех, где риск утраты накопленного углерода наиболее высок. Это лесные проекты, проекты по увеличению запасов углерода в почве и аналогичные инициативы.

В пояснительной записке отмечается, что нововведение необходимо для соответствия международным требованиям, в том числе системы компенсации выбросов в авиации (CORSIA), действующей под эгидой ИКАО.

²¹ Источник: <https://nia.eco/2026/04/20/113385/> Опубликовано 20.04.2026

Без подобных механизмов российские углеродные единицы могут не признаваться на внешних рынках.

Для внутреннего рынка последствия также значимы. Введение резервирования снижает объём углеродных единиц, доступных для продажи, но одновременно повышает доверие к системе и снижает риск появления «неподтверждённых» климатических эффектов.

Фактически речь идёт о переходе от декларативной модели к более строгой — где углеродные проекты должны не только заявлять эффект, но и гарантировать его с учётом возможных рисков.

Технологии

Учёные предложили способ превращать метан в водород и пропан с меньшими выбросами²²

Ученые из Университета Лилля — CNRS, Сорбоннского университета и других институтов во Франции разработали технологию, позволяющую более эффективно перерабатывать метан — основной компонент природного газа — в водород и более удобные для транспортировки углеводороды, такие как пропан. Подход основан на использовании фотокатализатора, активируемого светом, и может стать альтернативой традиционным энергоёмким методам нефтехимии.

Ключевым элементом технологии стал диоксид ванадия (VO_2) — материал, обладающий уникальным свойством менять своё состояние при нагреве. При температуре около 68°C он переходит из изолирующего состояния в проводящее, формируя на своей поверхности участки с разными электрическими свойствами. Именно на границе этих областей создаются условия, позволяющие эффективно разделять заряды и запускать химические реакции.

В традиционных фотокатализаторах значительная часть энергии теряется из-за рекомбинации зарядов — они не успевают участвовать в реакции. В предложенной системе этот эффект снижен за счёт естественного образования множества «переходов» внутри материала, которые ускоряют перенос энергии к молекулам метана.

Эксперименты показали, что при оптимальных условиях технология позволяет получать водород, этан и пропан, причём в ряде случаев достигается высокая селективность именно по пропану. При этом сам процесс потенциально может быть реализован с использованием солнечной энергии, что дополнительно снижает углеродный след.

Разработчики отмечают, что сегодня промышленное преобразование метана в более сложные углеводороды требует значительных энергозатрат и сопровождается выбросами CO_2 . Новая технология рассматривается как возможная альтернатива, способная повысить эффективность переработки природного газа и снизить экологическую нагрузку.

²² Источник: <https://nia.eco/2026/04/14/113191/> Опубликовано 14.04.2026

В перспективе подход может быть расширен и на получение других веществ, включая более сложные углеводороды. Кроме того, исследователи рассматривают возможность управления процессом с помощью электрического поля, что позволит ещё больше повысить эффективность и приблизить технологию к промышленному применению.

Израильские ученые придумали способ борьбы с глобальным потеплением²³

Спрей, позволяющий охладить растения в жару, оздоравливая при этом почву, разрабатывают исследователи компании Cooling Crops, 19 апреля сообщило издание Calcalistech.

«Наша цель и мечта — понизить температуру Земли. Единственный способ сделать это — через сельское хозяйство», — сообщил профессор кафедры белковой инженерии и нанобиотехнологии Еврейского университета в Иерусалиме Оded Шосейов.

Опрыскиватель, разработанный исследователями, может снизить температуру растений на 6°C и способствует восстановлению истощенных почв. «При температуре воздуха 42°C температура растения ниже на 6°C или даже 7°C», — пояснил Шосейов.

Разработка основана на использовании цианобактерий. «Эти микроорганизмы поглощают CO₂ и вырабатывают полисахариды. Это стабилизирует почву, предотвращает эрозию и способствует прорастанию семян», — объяснил Шосейов. В природе этот процесс возникает после лесных пожаров и длится до семи лет. Компания Cooling Crops смогла воспроизвести его и поддерживать несколько месяцев.

Руководитель отдела химии и фармацевтики Ehrlich Group Ревитал Грин пояснил, что новшество разработки в интеграции бактерий в слой целлюлозы, которая не встречается в природе, но обеспечивает новые свойства.

Исследователи надеются заинтересовать аграриев повышением урожайности, которую дает разработка. По мнению ученых, аргументы о пользе окружающей среде для фермеров не так значимы, как урожайность. Технология соединяет увеличение урожайности с восстановлением почв и снижением температуры растений.

²³ Источник: <https://rossaprimavera.ru/news/41df7606> Опубликовано 23.04.2026

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