

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection



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

based on a decision of
the German Bundestag

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА:

наука ищет решения

3
Часть



НИЦ МКВК

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной
водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ташкент 2025

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Изменение климата: наука ищет решения

Часть 3

Ташкент 2025

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

Содержание

Оценки и прогнозы	5
Ученые: восстановление ледников займет столетия, даже если глобальное потепление будет остановлено	5
Ученые: комбинированные климатические угрозы станут нормой	7
Подсчитано, насколько холоднее станет зима в Европе из-за краха атлантических течений	9
Загадочное пятно холодной воды в Атлантике наконец получило объяснение	10
Возник климатический парадокс: глобальное потепление вызвало охлаждение Северной Атлантики	13
Порог потепления в полтора градуса будет пройден через три года.....	14
Наши вопросы нейросетям дорого обходятся климату: неожиданные выводы ученых.....	16
Ученые пересмотрели дату начала влияния человека на климат	18
Земля нагревается в два раза быстрее прогнозов: чем это грозит человечеству	19
Спящие вулканы пробуждаются: таяние ледников грозит нам новыми катастрофами	21
Климат меняется быстрее, чем леса могут к нему адаптироваться.....	22
Нехватка азота мешает растениям смягчить изменение климата	24
Факторы воздействия.....	27
Альbedo суши выросло на два процента за 20 лет	27
Загрязнение воздуха оксидами азота снизило концентрацию метана в атмосфере	29
Почему глобальное потепление заставляет деревья мигрировать в горы.....	31

Ночное освещение на три недели продлило сезон вегетации	32
Реки обвинили в утечках древнего углерода в атмосферу	35
Впервые найдена убедительная связь между глобальным потеплением и землетрясениями	36
Влияние зимнего потепления на глобальные растительные сообщества	38
Китай, США и Индия стали источником более половины рекордных выбросов CO ₂ в 2024	42
Самый большой водопад Земли скрыт под водой — и он меняет климат	44
Продолжительность тепловых волн увеличивается по мере глобального потепления	45
В зоне риска	48
Температура поверхности мирового океана приблизилась к историческому максимуму	48
Более половины дата-центров под угрозой из-за изменения климата	48
Женщины оказались климатически тревожнее мужчин	50
Технологии	51
Ученые запустили проект по охлаждению Земли с помощью морских облаков	51
Снижение конденсационных следов от самолетов назвали важной климатической мерой	53
Финансовые и регулятивные меры	56
Климатические проблемы как возможность для развития	56
Как изменение климата влияет на рынок труда и неравенство?	59

Оценки и прогнозы

Ученые: восстановление ледников займет столетия, даже если глобальное потепление будет остановлено¹

Недавние исследования показывают, что горные ледники во многих регионах мира не смогут восстановиться в течение нескольких столетий, даже если человечество вмешается и сумеет охладить планету, вернув её температуру к пределу в 1,5°C или ниже.

Исследование, проведенное под руководством учёных из Бристольского университета (Великобритания) и Инсбрукского университета (Австрия), стало первым глобальным моделированием изменений ледников до 2500 г. в рамках так называемых сценариев «перерегулирования». Эти сценарии подразумевают временное превышение температурного порога в 1,5°C до уровня в 3°C с последующим возвратом к более низким температурам.

Результаты, опубликованные в журнале *Nature Climate Change*, указывают на то, что в случае такого сценария ледники могут потерять на 16 % больше своей массы по сравнению с ситуацией, в которой температура планеты никогда не превысит порог в 1,5°C.

Доктор Фабьен Мосьон, доцент кафедры полярных изменений окружающей среды Бристольского университета и автор исследования, отметил, что нынешняя климатическая политика ставит Землю на путь, близкий к повышению температуры на 3°C. Он подчеркнул, что такой сценарий гораздо более неблагоприятен для ледников по сравнению с миром, где удалось бы придерживаться предела в 1,5°C.

По словам Мосьона, учёные хотели выяснить, смогут ли ледники восстановиться в случае повторного похолодания планеты. Он отметил, что многих волнует вопрос, смогут ли ледники восстановиться при жизни нынешнего поколения или их детей. Результаты исследования, к сожалению, свидетельствуют, что это маловероятно.

¹ Источник: *Glaciers will take centuries to recover even if global warming is reversed, scientists warn* / <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/05/250519131551.htm> Опубликовано 19.05.2025

Рост глобальной температуры подтверждает значительную вероятность превышения целей Парижского соглашения, принятого десять лет назад. В частности, прошлый год стал самым тёплым за всю историю наблюдений и первым календарным годом, когда средняя температура Земли превысила отметку в $1,5^{\circ}\text{C}$.

Климатологи оценили будущую эволюцию ледников в рамках сценария сильного перерасхода, при котором глобальная температура продолжит расти и достигнет примерно $3,0^{\circ}\text{C}$ к 2150 г., а затем снизится до $1,5^{\circ}\text{C}$ и стабилизируется к 2300 г. Этот сценарий отражает отложенное достижение нулевого уровня чистых выбросов, при котором технологии отрицательных выбросов, такие как улавливание углерода, начнут применяться лишь после того, как температура превысит критический порог потепления.

Согласно результатам исследования, ледники окажутся в значительно худшем положении, чем в мире, где температура стабилизируется на уровне $1,5^{\circ}\text{C}$ без предварительного перегрева. К 2200 году прогнозируется потеря дополнительно 16% массы ледников, а к 2500 г. — ещё 11%, сверх уже ожидаемых 35%, которые могут растаять при условии поддержания температуры на уровне $1,5^{\circ}\text{C}$. Такая дополнительная талая вода в конечном итоге попадёт в океан, что усилит рост уровня моря.

В исследовании использовалась новаторская модель с открытым исходным кодом, разработанная в Бристольском университете совместно с партнёрскими учреждениями. Эта модель симулирует прошлые и будущие изменения всех ледников мира за исключением двух полярных ледяных щитов. Для анализа она была объединена с новыми глобальными климатическими прогнозами, подготовленными Бернским университетом (Швейцария).

Ведущий автор исследования, доктор Лилиан Шустер из Университета Инсбрука, отметила, что по результатам моделей для восстановления крупных полярных ледников после превышения температуры на 3°C потребуются столетия, если не тысячелетия. Что касается меньших ледников, таких как ледники Альп, Гималаев и тропических Анд, то их восстановление не произойдёт в ближайшие поколения, но возможно к 2500 г.

Талая вода ледников в горных регионах играет жизненно важную роль для населения, проживающего ниже по течению, особенно в засушливые сезоны. По мере того как ледники тают, они временно выделяют больше воды — явление, известное как «пик воды» на леднике.

Доктор Шустер добавила, что, если ледники снова начнут расти, они будут аккумулировать воду в виде льда, что приведёт к уменьшению объёма воды, поступающей вниз по течению. Это явление исследователи

называют «водой из впадины» в отличие от «воды из пика». По её словам, примерно в половине изученных бассейнов после 2100 г. будет наблюдаться одна из форм «впадины». Хотя пока ещё рано делать выводы о силе влияния этого процесса, исследование стало первым шагом к пониманию многочисленных и сложных последствий климатических изменений для водных систем, питаемых ледниками, а также повышения уровня моря.

Исследование было проведено в рамках финансируемого Европейским Союзом проекта PROVIDE, который изучает влияние климатических изменений на ключевые секторы экономики по всему миру.

Доктор Мауссион отметил, что превышение температуры на 1,5°C, даже временное, приводит к многовековой потере ледников. Он подчеркнул, что значительная часть этого ущерба не может быть просто устранена, даже если температура впоследствии вернётся к более безопасному уровню. По его словам, чем дольше будут откладываться меры по сокращению выбросов, тем больше будущие поколения будут обременены необратимыми изменениями.

Ученые: комбинированные климатические угрозы станут нормой²

К 2099 году регионы по всему миру столкнутся с одновременными жарой, засухами и лесными пожарами

Глобальный климат стремительно меняется, говорят ученые, и это выражается не только в учащении отдельных погодных аномалий. Новое исследование, проведенное Уппсальским университетом в сотрудничестве с научными центрами Бельгии, Франции и Германии, указывает на появление нового климата будущего, где природные катастрофы будут происходить не поодиночке, а одновременно или в быстрой последовательности.

Результаты работы ученых опубликованы в научном журнале Earth's Future и охватывают период с 2050 по 2099 годы. Исследование сосредоточено на шести основных климатических угрозах: наводнениях, засухах, тепловых волнах, лесных пожарах, ветрах тропических циклонов и неурожаях. Ученые использовали данные климатического моделирования, включая показатели температуры, осадков и ветра, и совместили их с мо-

² Источник: <https://nia.eco/2025/06/06/104172/> Опубликовано 6.06.2025

делями оценки воздействия на общество. Это позволило оценить, каким образом меняющиеся климатические условия будут реально сказываться на разных регионах мира.

Профессор Габриэле Мессори, ведущий автор исследования, отметил, что научное сообщество давно ожидало увеличения частоты жарких периодов, засух и лесных пожаров, однако масштабы выявленного роста оказались неожиданными. Он пояснил, что речь идёт не просто об увеличении числа отдельных экстремальных явлений, а о переходе к качественно новому состоянию, при котором несколько таких событий будут происходить одновременно, становясь нормой.

В частности, исследование показало, что в ближайшие десятилетия резко возрастёт сочетание жарких волн и лесных пожаров — практически повсеместно, за исключением пустынных зон, таких как Сахара. Средиземноморье и страны Латинской Америки станут ареной регулярных сочетаний тепловых волн и засух. Даже те регионы, которые сегодня в основном сталкиваются с изолированными событиями — например, страны Северной Европы, — в будущем чаще будут испытывать на себе совокупное воздействие жары и огня.

В качестве примера исследователи напомнили о лете 2018 года, когда Северную Европу охватили рекордные температуры и лесные пожары. Тогда это воспринималось как аномалия, но по словам Мессори, через несколько десятилетий такие явления, скорее всего, перестанут считаться исключением.

Работа ученых охватывает различные сценарии выбросов парниковых газов, однако особое внимание уделено так называемому среднему сценарию (RCP6.0), который считается реалистичным при текущих тенденциях. Исследование показало, что даже при этом умеренном варианте риск сочетания экстремальных погодных условий возрастает значительно.

Профессор подчёркивает: грядущее изменение климата требует пересмотра стратегий адаптации. По его словам, важно понимать, что речь идёт не только о возможных катастрофах в самом пессимистичном сценарии. Даже при сдержанном росте выбросов общества столкнутся с новой реальностью, к которой пока нет достаточного практического опыта. Необходимо расширить рамки готовности — не только к единичным угрозам, но и к их совокупности.

Подсчитано, насколько холоднее станет зима в Европе из-за краха атлантических течений³

Два метеоролога из Нидерландов с помощью новых симуляций показали, насколько холодной станет зима в Европе в случае остановки Атлантической меридиональной опрокидывающей циркуляции (АМОС). Результаты моделирования опубликованы в журнале *Geophysical Research Letters*.

Многие годы ученые предупреждают, что глобальное потепление может повлиять на АМОС, что, в свою очередь, изменит климат Европы. Согласно теориям, по мере того как теплые воды достигают Северной Атлантики, таяние льдов ускоряется, что приводит к охлаждению воды, возвращающейся на юг.

Некоторые теории также предполагают, что если охлаждение будет достаточно сильным, АМОС может полностью разрушиться, и океан станет застойным. Это приведет к еще большему похолоданию в северных широтах. В новом исследовании ученые создали климатическую модель, основанную на таком сценарии, используя данные о температуре.

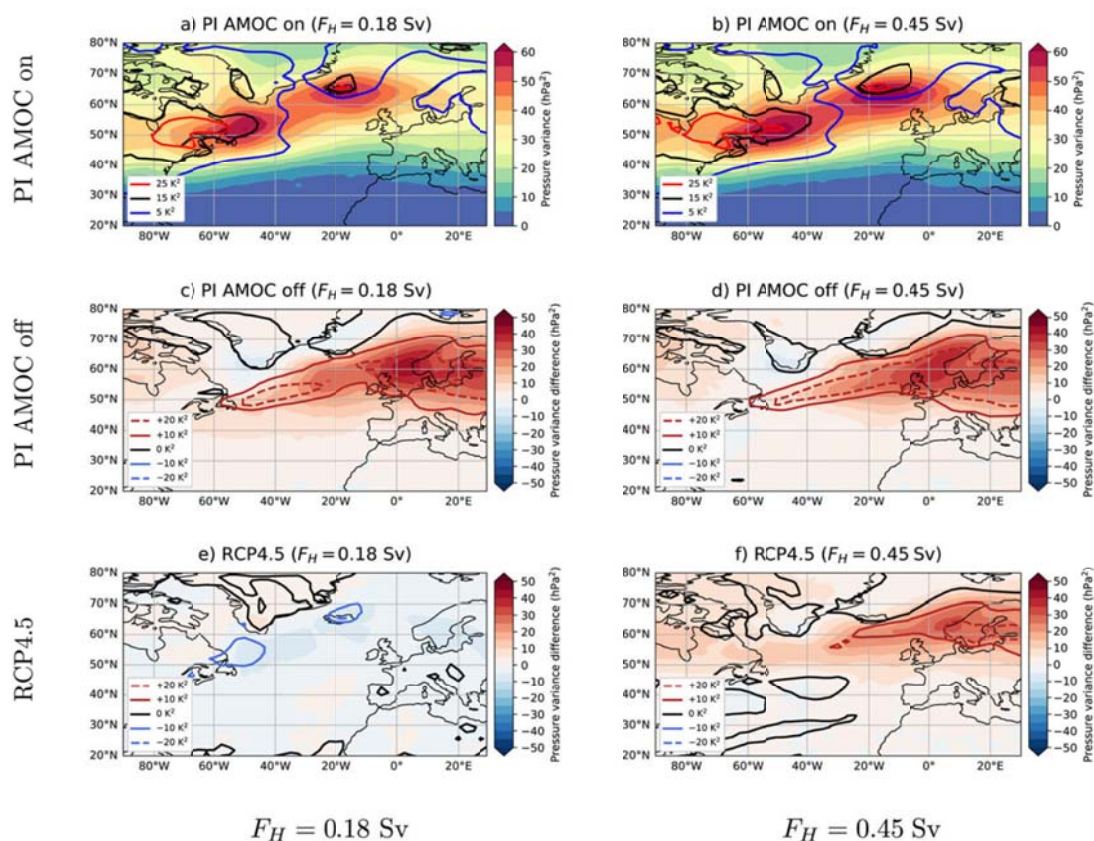
При сценарии, в котором Земля нагревается на 2 °C выше доиндустриального уровня, АМОС почти останавливается, что вызывает резкое падение температур в Европе в зимние месяцы.

Например, в Эдинбурге температура может опускаться до −30 °C, а в Лондоне — до −19 °C, причем морозы будут продолжаться более двух недель. Согласно симуляции, в Осло столбик термометра будет оставаться ниже нуля почти половину года. В Скандинавии похолодает еще сильнее: в некоторых регионах температура может достигать −50 °C.

При этом летняя погода изменится незначительно, поскольку в теплые месяцы температура над континентом меньше зависит от океана. Это означает, что контраст между летом и зимой станет экстремальным. Другие модели предсказывают, что при коллапсе АМОС в Европе также уменьшится количество осадков, а уровень моря будет подниматься быстрее.

³ Источник:

https://naukatv.ru/news/novoe_modelirovanie_pokazyvaet_naskolko_kholodnee_stanut_evropejskie_zimy_esli_amoc_razrushitsya Опубликовано 13.06.2025,



2–6-дневная отфильтрованная дисперсия (полосовая фильтрация) для среднесуточного давления на уровне моря (заливка цветом) и температур на поверхности (кривые) в январе для различных сценариев АМОС.

Загадочное пятно холодной воды в Атлантике наконец получило объяснение⁴

За последнее десятилетие океаны Земли нагреваются с беспрецедентной скоростью, однако одна загадочная область, к югу от Гренландии, идет наперекор этой тенденции. Уже более века она остается холоднее, чем окружающие ее воды. Исследование было опубликовано в журнале *Communications Earth & Environment*.

⁴ Источник:

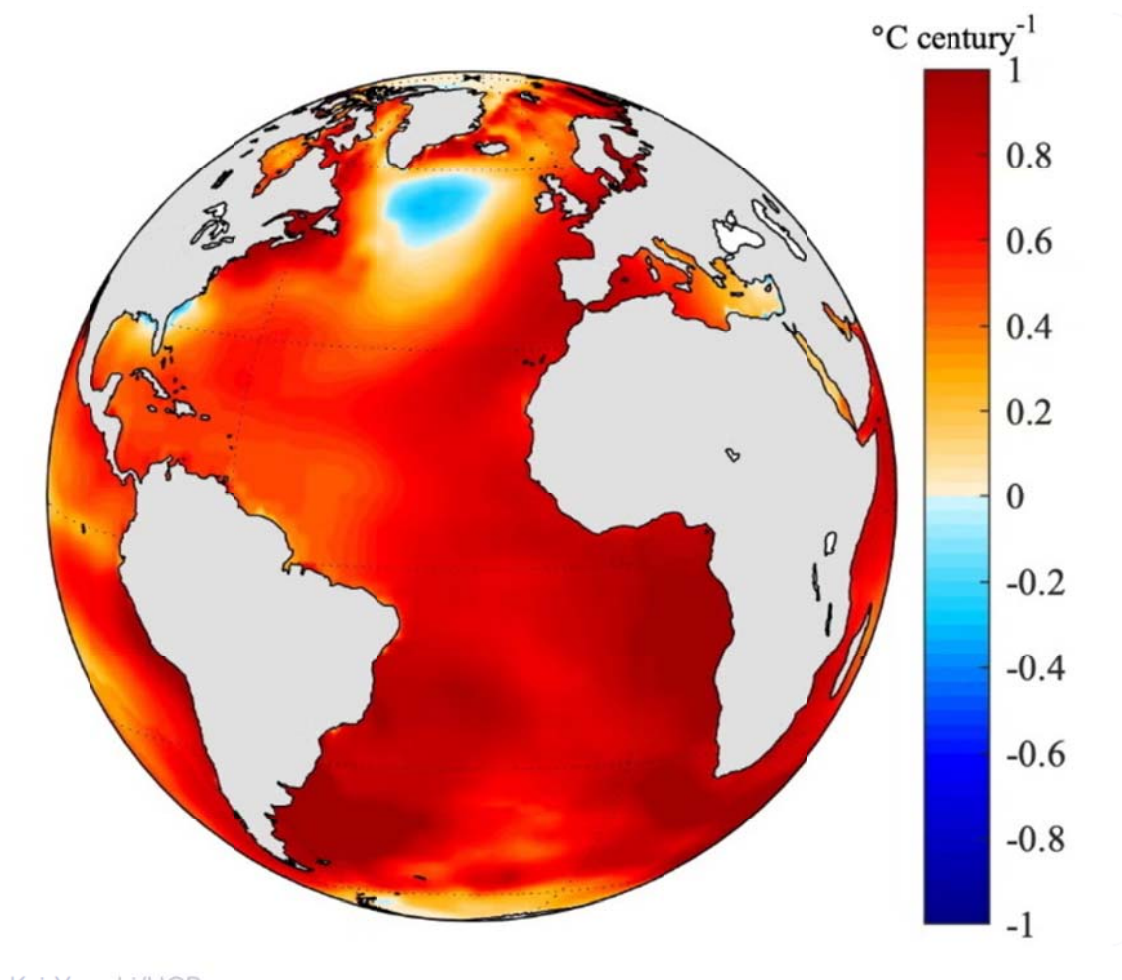
https://naukatv.ru/news/tainstvennyj_sgustok_kholodnoj_vody_ne_poddaetsya_teplovomu_vozdejstviyu_okeana_teper_my_znaem_pochemu Опубликовано 30.06.2025

Чтобы выяснить это, океанографы проанализировали столетние данные о температуре и солености. Они обнаружили, что эта загадочная холодная область простирается на глубину 3000 метров. Все наблюдения может объяснить только один сценарий.

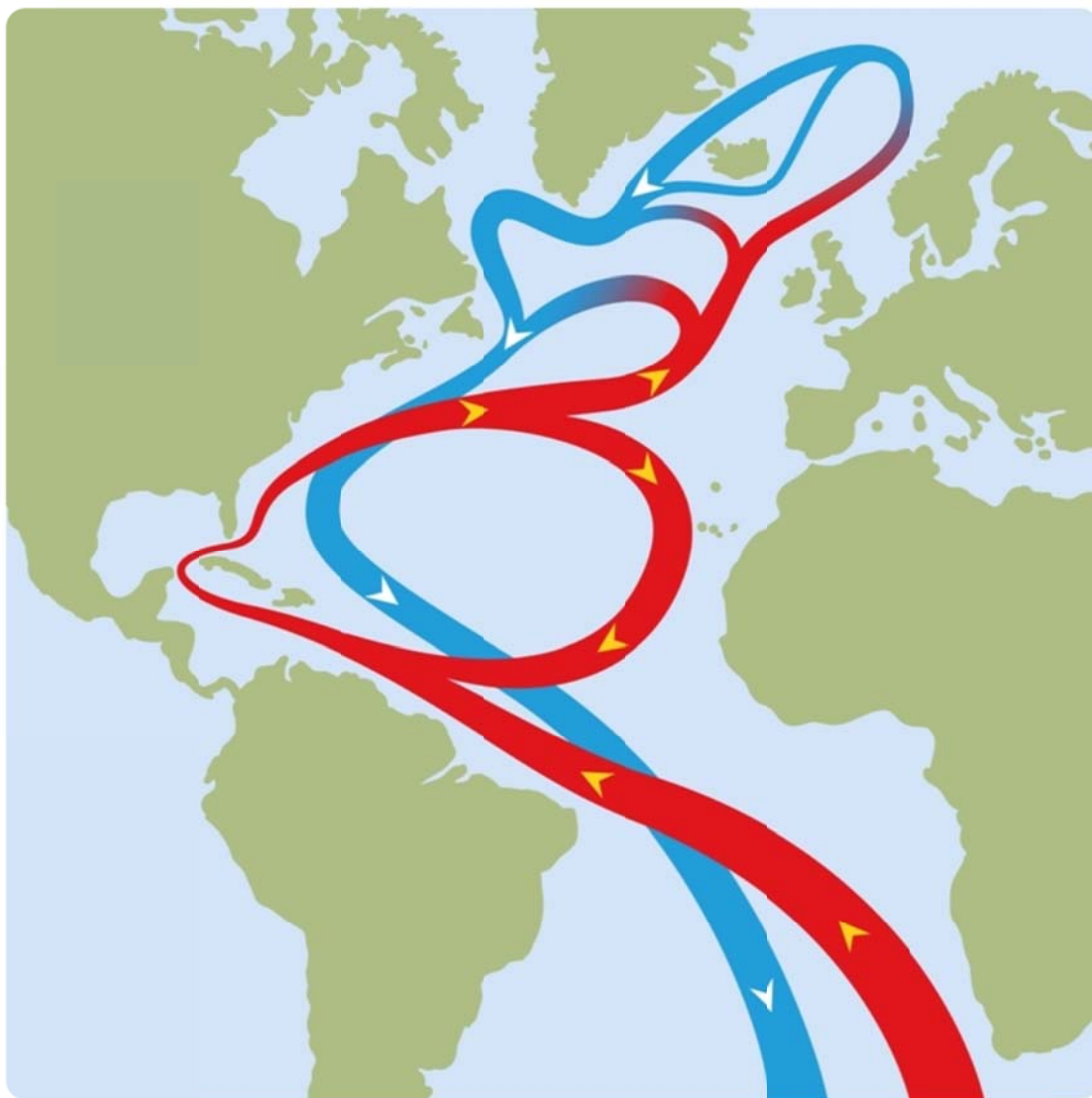
Это тот же сценарий, о котором ученые предупреждают мир уже много лет: Атлантическая меридиональная циркуляция — одна из основных циркуляционных систем мирового океана Земли — замедляется.

Если АМОС остановится, это нарушит муссонные сезоны в тропиках, а также приведет к более суровым зимам в Северной Америке и Европе. Последствия будут серьезны для экосистем и глобальной продовольственной безопасности.

АМОС — это крупная система океанских течений, которая переносит теплую соленую воду на север. Там эта вода охлаждается, становясь плотнее, и опускается, вызывая движение холодной воды на юг.



Из-за таяния ледников, вызванного изменением климата, увеличивается поступление пресной воды в Атлантику. Это снижает концентрацию соли в морской воде, делая ее менее плотной и нарушая процесс охлаждения и погружения, что ослабляет весь физический цикл.



В странном холодном пятне на севере Атлантического океана, возле тающих ледников, пониженный уровень солёности. Вблизи экватора, напротив, солёность возросла из-за того, что ослабленные течения не могут так мощно перемешивать воду, в том числе, «уносить» пресную холодную воду на юг.

Исследователи рассчитали, что объем переносимой АМОС воды снизился за XX век почти на два миллиона кубометров в секунду.

«Работа показывает, что АМОС ослабляется более века, и эта тенденция, вероятно, продолжится, если выбросы парниковых газов будут продолжать расти», — подытоживает океанограф Кай-Юань Ли из Калифорнийского университета в Риверсайде (США), один из авторов исследования.

Возник климатический парадокс: глобальное потепление вызвало охлаждение Северной Атлантики⁵

На фоне глобального повышения температуры океанов, в Северной Атлантике формируется необычное парадоксальное явление: отдельная область океана демонстрирует устойчивое понижение температуры и, по мнению ученых, продолжит охлаждаться из-за снижения силы ветров.



Область, расположенная между Гренландией и Ирландией, получила название Североатлантической «дыры» похолодания. На климатических картах она отображается в виде синей зоны – своего рода «холодного ост-

5

рова» в окружающих его нагреваемых водах. И это как раз там, где проходит теплое течение Гольфстрим, греющее Западную Европу.

Новое исследование, опубликованное в журнале *Journal of Climate*, указывает на то, что данная область продолжит становиться холоднее в ближайшие десятилетия. Ученые предполагают, что примерно к 2040 году ветры над Северной Атлантикой станут слабее, что приведет к уменьшению вертикального перемешивания воды и, как следствие, снижению поступления теплой воды на поверхность. Это, в свою очередь, ускорит процесс потери тепла океаном.

Данное локальное похолодание потенциально способно оказать воздействие на климат не только в Атлантическом регионе. Уже сейчас в Европе и восточной части Северной Америки наблюдаются аномальные погодные явления, связанные с изменениями температуры в этой области.

Исследователи провели моделирование, рассмотрев два варианта развития событий: с учетом влияния ветров на циркуляцию океана и без него. В обоих случаях результаты показали усиление процесса охлаждения.

Подобные температурные сдвиги могут привести к изменениям в режимах выпадения осадков, повлиять на интенсивность штормов, продуктивность сельского хозяйства и даже на рыбные запасы.

Порог потепления в полтора градуса будет пройден через три года⁶

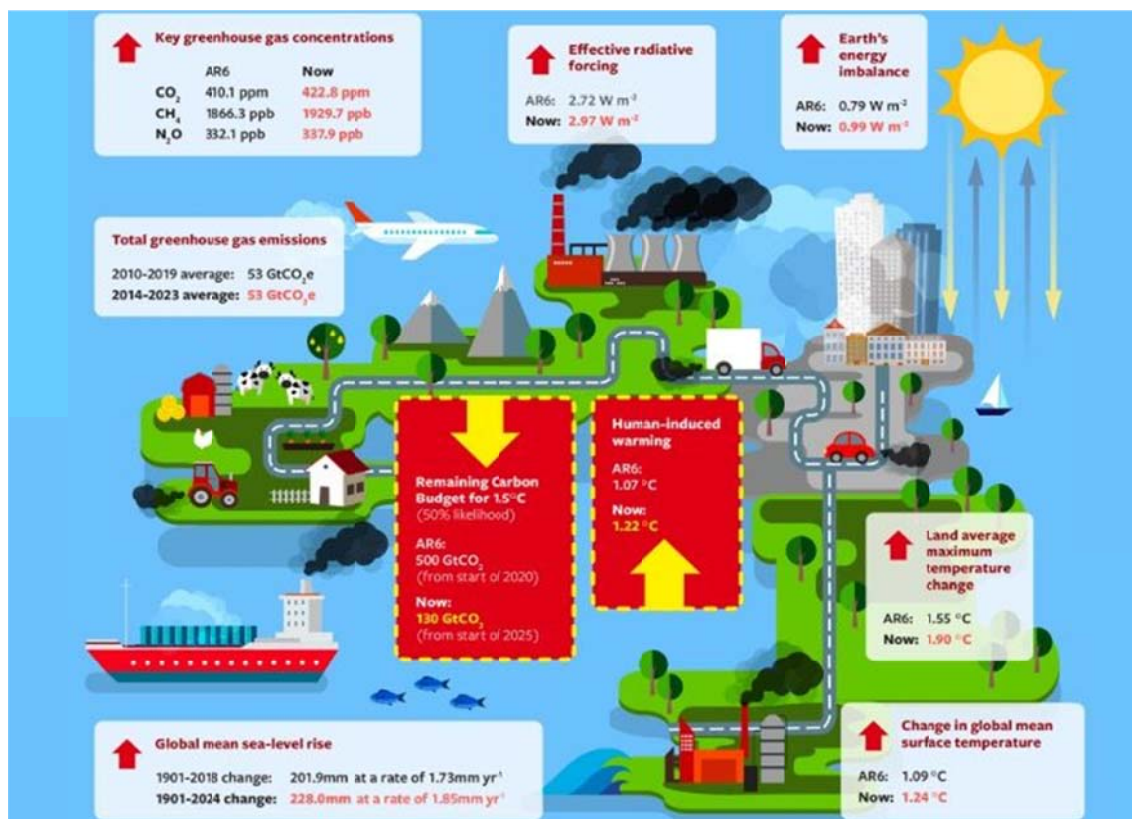
Порог потепления в 1,5 градуса Цельсия, обозначенный в Парижском соглашении, человечество может перешагнуть уже через три года.

До достижения этой отметки осталось выбросить в атмосферу около 123 миллиардов тонн углекислого газа, при том что среднегодовые темпы выбросов за последнее десятилетие составляли $53,6 \pm 5,2$ миллиарда тонн CO₂-эквивалента. Такие выводы опубликованы в журнале *Earth System Science Data*.

Коллектив из 60 климатологов, работу которых координировал Пирс Форстер (Piers Forster) из Лидского университета, представил оценку акту-

⁶ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/129478.html> Опубликовано 22.06.2025

ального темпа потепления и антропогенного вклада в этот процесс. Согласно результатам их анализа, 2024 год стал самым жарким в истории наблюдений — на 1,52 градуса теплее доиндустриального уровня, и вклад человека в это превышение составил не менее 1,36 градуса.



Ученые отметили, что их оценка темпов потепления приблизительно на четверть выше, чем у Международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Они объяснили это разницей в учете влияния аэрозолей, чей охлаждающий эффект снизился из-за природоохранных мер и более чистого воздуха, и рекордных темпов роста концентраций метана и закиси азота за последние годы.

Наши вопросы нейросетям дорого обходятся климату: неожиданные выводы ученых⁷

Каждый запрос, введенный в большую языковую модель (LLM), такую как ChatGPT, требует энергии и приводит к выбросам CO₂. Однако объем выбросов зависит от модели, темы запроса и пользователя. Новое исследование, вышедшее на страницах *Frontiers in Communication*, сравнило экологический вред 14 нейросетей в разных режимах работы.

Результаты довольно предсказуемы: сложные ответы вызывают больше выбросов, чем простые, а модели, дающие более точные ответы, производят больше CO₂. Тем не менее, получены некоторые данные, которые, по мнению авторов, могут помочь более сознательной эксплуатации чат-ботов.

Независимо от того, какие вопросы мы задаем ИИ, модель всегда предоставит ответ. Для генерации этой информации — независимо от ее правильности — она использует токены. Токены — это слова или части слов, преобразованные в последовательность чисел, которую может обработать LLM.

Это преобразование, как и любые другие вычислительные процессы, приводит к выбросам CO₂. Ученые измерили и сравнили выбросы CO₂ разных уже обученных LLM, используя стандартизированный набор вопросов.

«Влияние на окружающую среду при использовании обученных LLM сильно зависит от их подхода к рассуждениям: явные процессы рассуждения заметно увеличивают энергопотребление и выбросы углекислого газа. Мы обнаружили, что модели с функцией рассуждений производят до 50 раз больше CO₂, чем модели, дающие краткие ответы», — пояснил Максимилиан Даунер из Мюнхенской высшей школы прикладных наук.

Наибольшие выбросы дает рассуждающий ИИ

Исследователи протестировали 14 LLM с параметрами от 7 до 72 миллиардов на 1000 стандартных вопросов из разных областей. Параметры определяют, как LLM обучаются и обрабатывают информацию.

⁷ Источник: https://naukatv.ru/news/nashi_voprosy_nejrosetyam_dorogo_obkhodyatsya_klimatu
Опубликовано 21.06.2025

В среднем модели с рассуждениями создают 543,5 «мыслительных» токенов на вопрос, тогда как для кратких ответов хватает всего 37,7 токенов. Мыслительные токены — это дополнительные токены, которые генерируются в процессе подготовки ответа. Большее количество токенов всегда означает больше выбросов CO₂, но не обязательно гарантирует правильность ответа, поскольку избыточные детали не всегда критичны для точности.

Самой «умной» оказалась модель Cogito с 70 миллиардами параметров и функцией рассуждений, достигшая 84,9% точности. Она производит в три раза больше углекислого газа, чем модели аналогичного размера, дающие краткие ответы.

«Сейчас мы видим явный компромисс между точностью и экологичностью в технологиях LLM, — констатировал Даунер. — Ни одна из моделей, чьи выбросы не превышали 500 граммов CO₂-эквивалента, не показала точности выше 80% на 1000 вопросов».

CO₂-эквивалент — это единица измерения воздействия парниковых газов на климат.

Тема запроса также сильно влияет уровень выбросов. Вопросы, требующие длительных рассуждений, например, по абстрактной алгебре или философии, дают в шесть раз выше выбросов, чем более простые темы вроде школьной истории.

Осознанное использование

Исследователи надеются, что их работа поможет людям принимать более осознанные решения об использовании ИИ. «Пользователи могут значительно сократить выбросы, запрашивая у ИИ краткие ответы или ограничивая использование мощных моделей задачами, которые действительно требуют таких ресурсов», — подчеркнул Даунер.

Выбор модели может существенно повлиять на объем выбросов. Например, ответы модели DeepSeek R1 (70 млрд параметров) на 600 000 вопросов производят столько же углекислоты, сколько перелет туда и обратно из Лондона в Нью-Йорк. В то же время Qwen 2.5 (72 млрд параметров) может ответить более чем на 1,9 миллиона вопросов (в 3+ раза больше) с аналогичной точностью при тех же выбросах.

Авторы предупредили, что на результаты могло повлиять оборудование, использованное в исследовании, региональные различия в энергосетях, а также сами исследуемые модели. Эти факторы могут ограничивать обобщаемость выводов.

«Если бы пользователи знали точную стоимость выбросов CO₂ от своих запросов к ИИ — например, для создания аватарки в виде фигурки супергероя — они могли бы более избирательно и осознанно подходить к использованию этих технологий», — заключил Даунер.

Ученые пересмотрели дату начала влияния человека на климат⁸

Мы привыкли считать, что вклад человека в глобальное потепление начался с массового распространения автомобилей и бурного роста промышленности в XX веке. Однако новое исследование, опубликованное в PNAS, предлагает иную хронологию. По его данным, первые признаки влияния человеческой деятельности на изменение климата могли появиться уже в 1885 году — задолго до того, как автомобили стали привычной частью жизни.

Когда все началось

По мере начала промышленной революции в XIX веке в атмосферу стало выбрасываться все больше парниковых газов — в первую очередь углекислого газа (CO₂) от сжигания угля на заводах и фабриках. Эти выбросы, согласно новой модели, начали сказываться на глобальной температуре значительно раньше, чем считалось ранее.

Ученые проанализировали климатические данные и историческую динамику выбросов парниковых газов и пришли к выводу, что к концу XIX века уже можно было заметить первые климатические сигналы, вызванные деятельностью человека.

«Если бы тогда мы отслеживали изменения в атмосфере так, как делаем это сейчас, мы могли бы заметить признаки изменения климата гораздо раньше», — подчеркивает один из авторов исследования.

Точное определение начала человеческого влияния на климат помогает ученым лучше понять масштаб и глубину нанесенного ущерба. Это также может изменить подходы к климатическому моделированию и стра-

⁸ Источник:

https://naukatv.ru/news/uchenye_peresmotreli_datu_nachala_vliyaniya_cheloveka_na_klimat Опубликовано 19.06.2025

тегическому планированию — особенно в условиях ускоряющегося подъема уровня океана и учащающихся экстремальных погодных явлений.

Проблема не только в прошлом

Хотя за последние десятилетия были предприняты усилия по борьбе с изменением климата — от перехода на возобновляемые источники энергии до разработки проектов по «солнечным зонтикам» (технологии отражения части солнечного света) — ситуация остается тревожной. Некоторые ученые считают, что переломный момент уже пройден, другие — что его еще можно избежать. Но очевидно одно: чтобы изменить будущее, нужно точно понимать, где мы начали ошибаться.

Ученые напоминают, что технологический прогресс и климатические последствия идут рука об руку уже более века. Но это также дает надежду: если ошибки прошлого были связаны с ростом индустриализации, то, возможно, решения лежат в том же направлении — в инновациях, осознанном потреблении и устойчивом развитии.

Земля нагревается в два раза быстрее прогнозов: чем это грозит человечеству⁹

Земля нагревается значительно быстрее, чем предполагали климатологи: за последние два десятилетия тепловой дисбаланс планеты удвоился. Об этом сообщает сайт «Моя планета» со ссылкой на исследования, опубликованные в журналах *Science* и *AGU Advances*.

Если в середине 2000-х годов Земля поглощала на 0,6 Вт/м² больше энергии, чем отдавала в космос, то сейчас этот показатель вырос до 1,3 Вт/м². Это означает, что скорость накопления тепла у поверхности планеты увеличилась в два раза, что значительно превышает прогнозы климатических моделей.

«Энергетический бюджет Земли работает примерно так же, как банковский счет, на который поступают и с которого списываются деньги. Только в качестве валюты выступает энергия», — объясняют ученые.

⁹ Источник: <https://ecoportal.su/news/view/129596.html> Опубликовано 5.07.2025

Баланс между поступающим солнечным теплом и уходящим излучением критически важен для жизни на планете. Однако сейчас этот баланс нарушен, и последствия могут быть катастрофическими.

Почему это происходит?

Основной причиной ученые называют резкий рост концентрации парниковых газов из-за сжигания угля, нефти и газа. За последние десятилетия человечество выбросило в атмосферу более 2 триллионов тонн CO₂ и других парниковых газов. Кроме того, изменился облачный покров: плотных белых облаков, отражающих солнечный свет, стало меньше, а разреженных, пропускающих тепло, — больше.

Около 90% избыточного тепла поглощают океаны, остальное идет на нагрев суши и таяние льдов. Если тенденция сохранится, это приведет к учащению экстремальных погодных явлений — волн жары, засух, мощных ливней и ураганов.

Что будет дальше?

Ранее средняя температура на планете держалась на уровне около +14°C, но за последнее столетие она выросла на 1,3–1,5°C. Некоторые климатические модели теперь прогнозируют еще более быстрое потепление в ближайшие десятилетия, если выбросы не сократятся.

«Единственный способ замедлить этот процесс — резко сократить выбросы парниковых газов, перейти на чистую энергию и остановить вырубку лесов», — подчеркивают исследователи.

Если человечество не примет срочных мер, последствия глобального потепления могут стать необратимыми.

Спящие вулканы пробуждаются: таяние ледников грозит нам новыми катастрофами¹⁰

Таяние ледников может стать не только последствием, но и ускорителем климатической катастрофы. Новое исследование, представленное на конференции Goldschmidt 2025 в Праге, предупреждает: освобождённые от ледяного давления вулканы могут начать извергаться чаще и мощнее.

Сотни вулканов в Антарктиде, на Аляске, в Новой Зеландии и России скрыты под ледниками. Пока лед удерживает давление, вулканическая активность приглушена. Но с потеплением атмосферы эти «ледяные замки» тают — и геологи фиксируют нарастающее движение магмы.

«Ледники, как правило, подавляют активность вулканов, расположенных под ними. Но по мере того, как ледники отступают из-за изменения климата, наши исследования показывают, что эти вулканы начинают извергаться чаще и более мощно», — заявил аспирант Пабло Морено Йегер из Висконсинского университета.

Пример из прошлого

Учёные проанализировали вулканическую активность в южной части Чили — шесть вулканов, включая ныне спящий Мочо-Чошуэнко. Они использовали метод аргонового датирования и минералогический анализ выбросов.

Результат: во время последнего ледникового периода (26 000-18 000 лет назад) лед подавлял извержения. Но когда Патагонский ледяной щит растаял, давление в подземном магматическом резервуаре выросло — и начались извержения.

Похожий сценарий уже наблюдали в Исландии. После таяния ледников 10 000 лет назад частота извержений там увеличилась в 30-50 раз.

¹⁰ Источник: <https://www.pravda.ru/news/science/2244230-glacial-melting-volcano-eruption/> Опубликовано 8.07.2025

Механика разрушения

Когда масса льда давит на земную кору, она буквально «запирает» вулканы. С исчезновением этой нагрузки магма и газы начинают расширяться, давление возрастает, и происходит извержение.

Особенно уязвимы районы с толстыми ледниковыми щитами и активной геологией — как Антарктида.

«Ключевым условием для повышения взрывоопасности является наличие очень толстого ледникового покрова над магматическим очагом, а спусковым крючком становится момент, когда эти ледники начинают отступать», — отметил Морено Йегер.

Последствия: больше газа — больше жары

Хотя в краткосрочной перспективе вулканы могут вызвать охлаждение (из-за сульфатных аэрозолей, отражающих солнечный свет), долгосрочный эффект может быть обратным.

При множественных извержениях в атмосферу попадает огромное количество парниковых газов, и это может ускорить глобальное потепление.

«Таяние ледников провоцирует извержения, а извержения, в свою очередь, могут способствовать дальнейшему потеплению и таянию», — добавил Морено Йегер.

Это замкнутый круг, где природа сама подливает масла в огонь планетарных процессов.

Климат меняется быстрее, чем леса могут к нему адаптироваться¹¹

К такому выводу пришли учёные из Сиракузского университета, проанализировав более полумиллиона лет истории по данным пылицы, извлечённой из озёрных отложений. Исследование опубликовано в журнале Science.

¹¹ Источник: <https://ecosphere.press/2025/07/10/klimat-menyaetsya-bystree-chem-lesa-mogut-k-nemu-adaptirovatsya/> Опубликовано 10.07.2025

Главный вывод: популяциям деревьев нужно от 100 до 200 лет, чтобы отреагировать на климатические изменения. Для быстро нагревающегося мира это плохая новость.

«Мы знали, что существует задержка между изменением климата и ответной реакцией деревьев. Но впервые мы смогли её измерить так точно», — рассказал Дэвид Фастович, руководитель исследования.

Учёные применили спектральный анализ — метод, чаще используемый в физике, — чтобы сопоставить изменения в популяциях деревьев с климатическими колебаниями в разных временных масштабах: от десятилетий до тысячелетий.

Результаты показали, что деревья откликаются на изменения климата с катастрофическим запозданием. Например, если сегодня регион становится теплее, значимая перестройка леса произойдёт только к следующему столетию.

Почему это важно: климат уже меняется слишком быстро, и медленная «перестройка» лесов ставит под угрозу их выживание. Без помощи со стороны человека экосистемы могут не успеть адаптироваться.

Один из возможных решений — «ассистированная миграция», когда в более северных широтах высаживают виды деревьев, характерные для тёплого климата. Это может помочь лесам выжить в условиях стремительного потепления.

«Существует огромный разрыв между скоростью, с которой меняется климат, и скоростью, с которой могут реагировать деревья», — говорит Фастович. — «Если мы хотим сохранить леса, к которым привыкли, потребуется умное и длительное вмешательство».

Это исследование — тревожный сигнал: природные ритмы не успевают за человеческими изменениями, и без научных стратегий адаптации будущее лесов оказывается под вопросом.

Нехватка азота мешает растениям смягчить изменение климата¹²

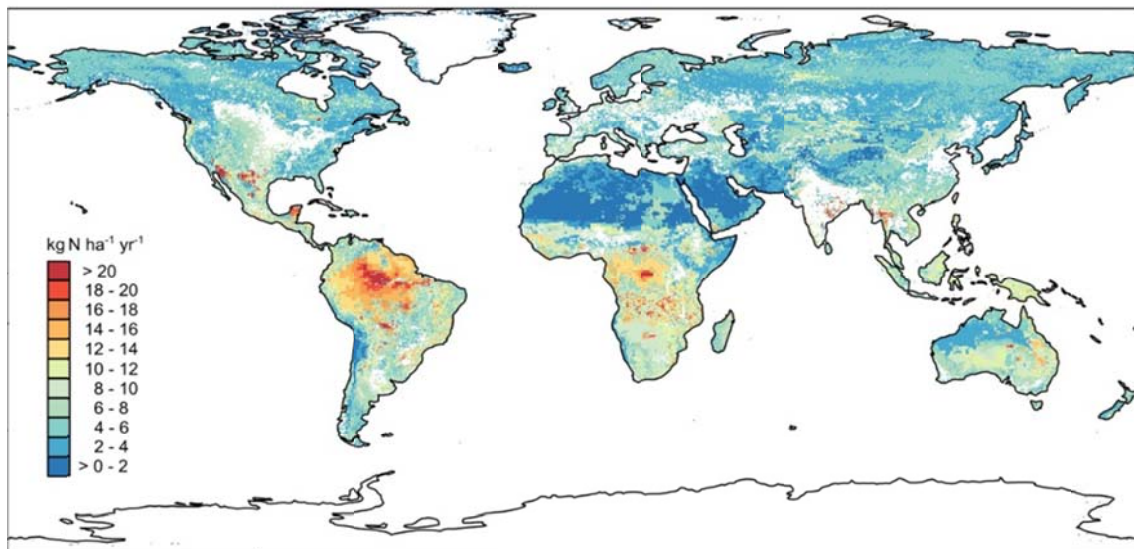
Биологическая фиксация азота природными экосистемами суши составляет 65, а сельскохозяйственными землями — 56 миллионов тонн в год. И хотя запасы азота в почвах за счет деятельности человека за время существования промышленного сельского хозяйства выросли на 64 процента, актуальная оценка практически в пять раз ниже предыдущих. Это говорит о том, что потенциал экосистем по депонированию углерода тоже был переоценен: при дефиците азота растения не смогут неограниченно расти и поглощать все излишки углекислого газа из воздуха, говорится в статье, опубликованной в журнале Nature.

Рост концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к потеплению, но его можно смягчить через депонирование углерода растениями. Они поглощают CO₂ из атмосферы, выводят его из круговорота на десятки или даже сотни лет и преобразуют в собственное органическое вещество, а затем и в органическое вещество почв. Однако возможности роста растений не безграничны: помимо того, что их сдерживает площадь пригодной суши, растения также нуждаются в азоте.

Азот присутствует в почвах в составе минералов и органического вещества, но как минимум на 16 % чистая первичная продукция (биомасса растительности за вычетом затрат на дыхание) зависит от биологической фиксации азота — непрерывного процесса связывания атмосферного азота микроорганизмами-азотфиксаторами, например, клубеньковыми бактериями. Существующие в литературе оценки биологической азотфиксации различаются примерно в восемь раз — от 44 до 340 миллионов тонн в год.

Ученые под руководством Карлы Рейс Эли из Орегонского университета дали оценку биологической фиксации азота земной сушей. Они использовали данные 1177 полевых измерений этого показателя в природных экосистемах, а также 5374 измерений на пахотных землях и пастбищах из более чем 300 научных публикаций. Также авторы скорректировали оценки численности азотфиксаторов в почвах разных биомов (нескольких типов леса, зарослей кустарников, саванн, пустынь и водно-болотных угодий) на основе региональных баз данных.

¹² Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/07/17/nitrogen-deficiency> Опубликовано 17.07.2025



Оказалось, что с начала ведения промышленного сельского хозяйства (для него характерны интенсивная обработка почвы и приоритет монокультурного земледелия) в 1500 году запасы азота в почвах суши выросли на 64 %. На текущий момент биологическая фиксация азота в природных экосистемах составляет 65 миллионов тонн в год, что практически в пять раз ниже предыдущих оценок, а на сельскохозяйственных угодьях — 56 миллионов тонн в год. За последние 20 лет биологическая фиксация азота в сельском хозяйстве увеличилась на 75 % за счет роста производства сои.

Авторы объяснили завышенные оценки предыдущих исследований тем, как раньше считали долю симбиотических по отношению к азотфиксаторам видов в растительном покрове (по площади или биомассе). В старых исследованиях она могла достигать 25 %, но по новой оценке не превышает три процента. Раньше акцент делали на лесах, лугах и зарослях кустарников, в которых азотфиксаторов было в 17 раз больше, чем на суше в среднем. Большинство современных климатических моделей завышают биологическую фиксацию азота, а значит и переоценивают потенциал экосистем по депонированию углерода — при дефиците азота рост растений и их способность поглощать углекислый газ из воздуха ограничены.

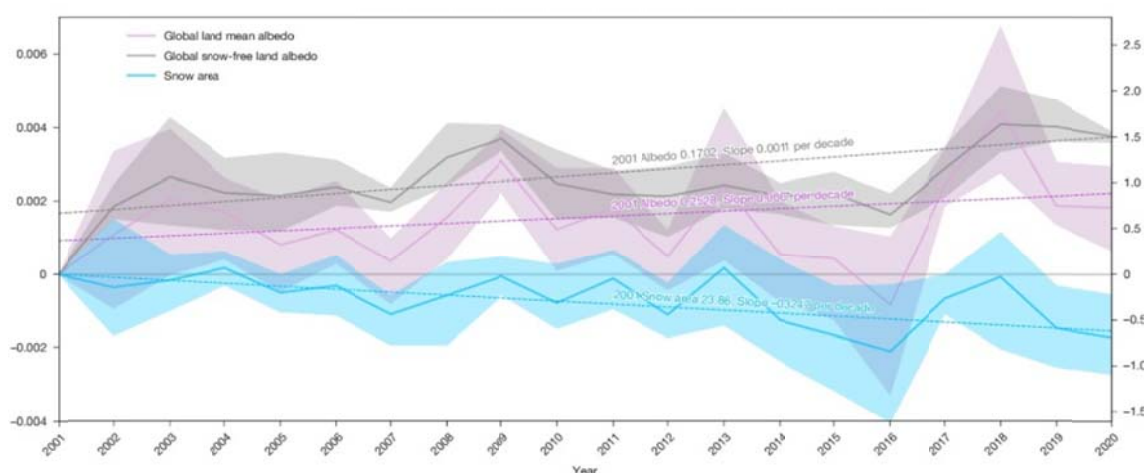
Ученые не впервые отмечают, что высадка деревьев для смягчения последствий изменения климата — сомнительная стратегия. Недавно они посчитали, что для компенсации выбросов от сжигания ископаемого пришлось бы посадить лес на площади в полторы России. При этом нужно пожертвовать землями сельского хозяйства, но весь лес все равно не при-

живется, причем не только из-за ограниченного количества азота, но также дефицита фосфора и количества грунтовых вод.

Факторы воздействия

Альbedo суши выросло на два процента за 20 лет¹³

С 2001 по 2020 годы альbedo суши за вычетом снежного покрова выросло на 2,2 процента, что привело к среднему охлаждению поверхности суши на 0,142 ватта на квадратный метр. Это могло компенсировать до половины эффекта потепления, вызванного выбросами парниковых газов. Такие оценки содержит статья, опубликованная в журнале Nature.



Чем светлее поверхность участка Земли (например, снежный покров или пустыня), тем выше альbedo (отражающая способность поверхности) и тем меньше нагревается поверхность под солнечными лучами. Знать альbedo важно для точной оценки радиационного баланса Земли. Деятельность человека может сказываться на альbedo по-разному. Например, и вырубка лесов и лесовосстановление снижают альbedo: в первом случае обнажается почва, которая темнее растительного покрова, а во втором случае более светлые кустарники, луга и степи темнеют по мере разрастания

¹³ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/06/02/increased-albedo> Опубликовано 2.06.2025

деревьев. Деградация тропических лесов до саванн, которая происходит в бассейне Амазонки, опустынивания и засухи увеличивают альбедо. При этом оценить динамику альбедо даже при наличии детальных спутниковых данных не всегда легко, потому что в некоторых регионах — в той же Амазонии — кадры земной поверхности часто перекрываются облаками.

Ученые под руководством Хоу Чжэнъяна (Zhengyang Hou) из Пекинского педагогического университета исследовали, как менялось альбедо суши с 2001 по 2020 годы. Они использовали данные со спутников НАСА Terra и Aqua с разрешением 500 метров, а для тех участков, альбедо которых было трудно оценить из-за облачности, применили четырехмерную интерполяцию — предсказание значения альбедо с учетом широты, долготы, времени года и типа поверхности. Авторы учитывали 50 типов землепользования и 612 возможных вариантов перехода между ними. Для контроля и валидации данные из полученного массива сравнили с результатами измерений альбедо на наземных метеостанциях и с данными тех же спутников, которые обрабатывала альтернативная система — GLASS Мэрилендского университета.

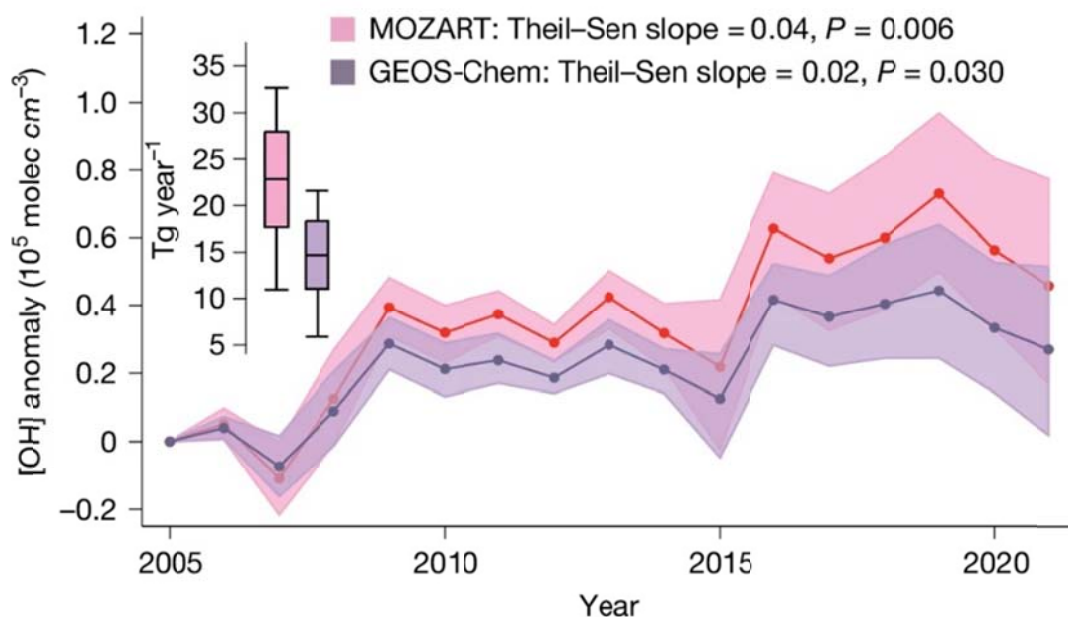
Оказалось, что за 20 лет альбедо свободной от снега поверхности суши увеличилось на 2,2 % ($p < 0,001$), что эквивалентно охлаждающему эффекту $-0,164$ ватт на квадратный метр. На тех участках, где присутствовал снег, альбедо все эти годы снижалось из-за его таяния на фоне общего потепления, но этот эффект был в семь раз слабее охлаждения. Если усреднить всю поверхность суши, то в XXI веке благодаря увеличению альбедо она остыла на $0,142$ ватта на квадратный метр, и это должно было компенсировать почти 60 % потепления, которое происходило из-за выбросов углекислого газа с 2011 по 2019 годы, и почти 50 % потепления за счет всех парниковых газов.

Сильнее всего альбедо выросло в Австралии, на юге Африки и в Южной Америке — из-за опустынивания и замены части лесов саваннами. В Азии, напротив, наблюдалось заметное снижение альбедо из-за лесовосстановления и таяния горных ледников. В то же время снижение альбедо в северном полушарии из-за роста фотосинтетической активности (фактически — озеленения) полностью компенсировалось ростом альбедо в южном полушарии из-за угнетения растительности засухами.

Исследование отразило тренд за первые 20 лет XXI века, но в отдельные годы ситуация может кардинально отличаться. Например, в 2023 году альбедо Земли оказалось самым низким с 1940 года за счет сокращения облачности в тропических и умеренных широтах северного полушария. Из-за этого среднегодовая температура воздуха на планете выросла на $0,2$ градуса.

Загрязнение воздуха оксидами азота снизило концентрацию метана в атмосфере¹⁴

За последние 15 лет в атмосфере оказалось почти на два миллиона тонн меньше метана, чем могло бы быть., и произошло это благодаря окислению метана гидроксильным радикалом. Этот радикал образуется преимущественно из тропосферного озона, который попадает в воздух в результате загрязнения оксидами азота — например, из-за выбросов транспорта. Такие выводы содержит статья, опубликованная в журнале Nature.



Метан — второй по значимости парниковый газ из числа антропогенных, люди ответственны за две трети его выбросов. Концентрация CH_4 в атмосфере на порядки ниже, чем у CO_2 , но потенциал усиления потепления — выше в 28–34 раза. Сейчас его вклад в потепление оценивают приблизительно в 0,5 градуса, а его содержание в воздухе в 2,6 раза превыша-

¹⁴ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/06/04/air-pollution-methane> Ссылка Опубликовано 4.06.2025

ет доиндустриальные значения. При этом, в отличие от углекислого газа, который может сохраняться в атмосфере на сотни лет, метан нельзя назвать долгоживущим — он легко окисляется под действием гидроксильного радикала ОН.

Гидроксильный радикал еще менее устойчив и может существовать лишь в течение считанных секунд, но он постоянно образуется вновь из прекурсоров — оксида углерода, оксидов азота, озона, водяного пара и неметановых летучих органических соединений. Эти вещества — распространенные поллютанты, которые постоянно поступают в атмосферу из-за антропогенного загрязнения воздуха.

Ученые под руководством Чжао Юаньхун (Yuanhong Zhao) из Океанского университета Китая исследовали, как загрязнение воздуха отразилось на концентрации метана в атмосфере с 2005 по 2021 годы. Для этого они использовали данные спутниковых наблюдений за концентрациями метана, гидроксильного радикала и его прекурсоров, метеоданные и моделирование химического состава атмосферы с помощью моделей CESM1 CAM4-chem и GEOSCCM.

С 2005 по 2021 годы концентрация гидроксильного радикала в атмосфере выросла на величину от $(0,30 \pm 0,06) \times 10^5$ до $(0,50 \pm 0,09) \times 10^5$ молекул на кубический сантиметр воздуха (или на 0,2–0,4 процента). В те периоды, когда она снижалась (например, во время пандемии COVID-19 в 2020 и 2021 годы), концентрация метана в атмосфере резко возрастала. Сток метана, то есть его окисление до углекислого газа под действием гидроксильного радикала, вырос за это время на 1,3–2 миллиона тонн в год — то есть каждый год метана в атмосфере было на эту величину меньше, чем было бы без загрязнения воздуха.

Основную роль в сдерживании темпов роста концентрации метана сыграл тропосферный озон, его вклад авторы оценили в 40 процентов. Он не является частью озонового слоя, а находится в приземном слое воздуха и образуется там в результате фотохимических преобразований загрязняющих веществ — например, оксидов азота. Во время пандемии его концентрация в воздухе резко сократилась из-за уменьшения выбросов оксидов азота от транспорта. При этом сильнее всего эффекты как стока метана, так и роста его концентрации в годы с более чистым воздухом были выражены в тропических широтах.

Это не первое исследование, которое указывает на отрицательную связь между загрязнением воздуха и потеплением климата. Так, год назад ученые выяснили, что после падения выбросов диоксида серы в 2020 году в атмосфере стало снижаться количество аэрозолей, которые рассеивают солнечную радиацию. Оно произошло из-за ужесточения требований к чи-

стоте корабельного топлива и теперь чревато дополнительным потеплением на 0,16 градуса.

Почему глобальное потепление заставляет деревья мигрировать в горы¹⁵

Растения «бегут» вверх, пытаясь перебраться в места, где воздух достаточно прохладный для их комфортного существования, считают некоторые учёные. Metro выяснило, действительно ли это так, а также грозит ли в будущем лесам вымирание из-за колебаний средней температуры на Земле

Вертикальная миграция лесов по склонам гор началась в ответ на глобальное потепление. Чтобы оставаться в комфортной температурной зоне, растения стремятся забраться как можно выше. Так заявили учёные из международного коллектива Andes Biodiversity and Ecosystem Research Group.

Например, в Южной Америке, по их данным, деревья смещаются вверх по горам со средней скоростью 2,5–3,5 метра в год. При этом специалисты отмечают, что климатические изменения губительны для растений, а их скорость «бегства» недостаточна и должна достигать 6 метров в год.

Перемещение лесов наблюдается и в российских регионах. Например, учёные из Уральского государственного лесотехнического университета и Института экологии растений и животных УрО РАН установили, что на Полярном Урале граница распространения лиственницы за последние 80–90 лет сместилась вверх в среднем на 35–40 метров. Однако выводов о губительном влиянии климата ими сделано не было.

— Это вполне закономерное явление, — рассказал в беседе с Metro заслуженный эколог России Андрей Пешков. — Границы различных видов лесов — и тайги, и хвойных лесов, и смешанных лесов, и тропических экваториальных лесов Амазонки — трансформируются и естественным образом эволюционируют постоянно.

На этот процесс влияет огромное количество условий, отметил эксперт. И среднее повышение температуры далеко не единственный и тем более не фатальный фактор.

¹⁵ Источник: <https://www.gazetametro.ru/articles/pochemu-globalnoe-poteplenie-zastavljaet-derevja-migrirovat-v-gory-09-06-2025> Опубликовано 9.06.2025

— Происходят естественные изменения климатических условий. Они происходили миллионы лет и следующие миллионы лет будут происходить.

По словам Пешкова, люди, занимающиеся изучением лесов в горных местностях, действительно отмечают, что с повышением уровня моря меняется и состав растительности. На это влияет изменение состава воздушной смеси и парциальное давление газов в ней. То есть меняется соотношение кислорода, азота и углекислоты, которые принципиально важны для растений.

— Кстати, не все они любят прохладу, — подчеркнул эксперт. — Большая часть растений предпочитает места, где больше тепла и углекислоты.

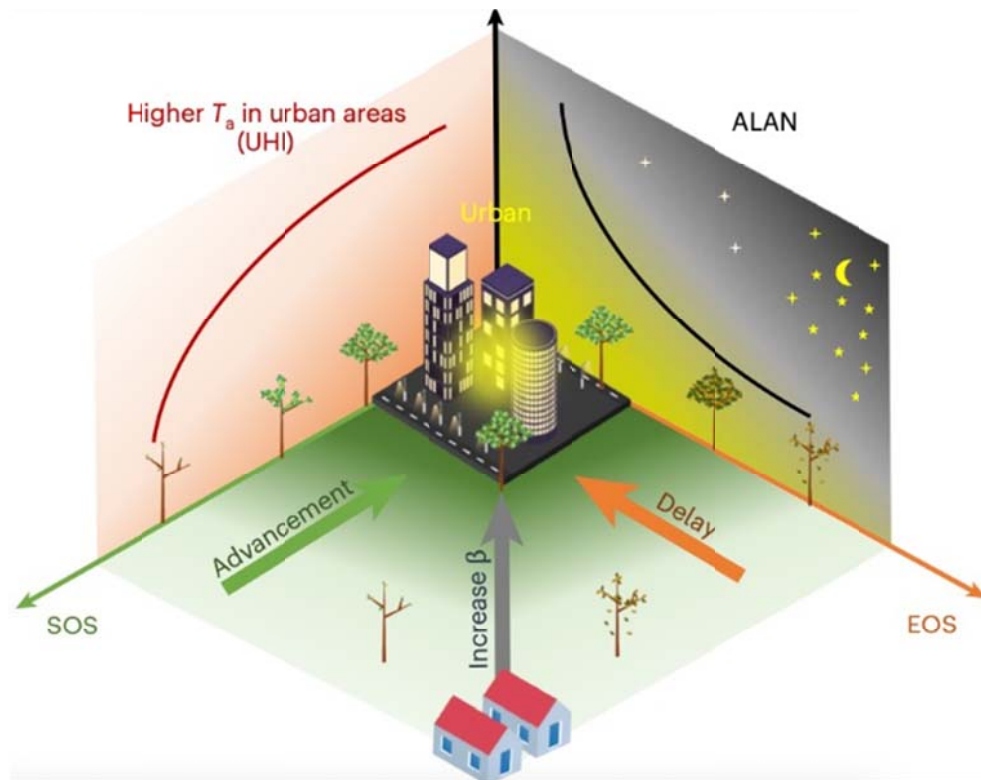
И хотя средняя температура на планете так или иначе влияет на всё вокруг, как отметил Пешков, растения могут легко адаптироваться к таким переменам:

— Гораздо более разрушительно на них воздействуют вредные химические вещества: пластик, соединения тяжёлых металлов или стойкие органические соединения. И вот за этим надо следить. А к изменениям климата, которые постоянно происходили на Земле, экосистемы адаптируются. Если леса пережили ледниковые периоды, им и сейчас не грозит вымирание.

Ночное освещение на три недели продлило сезон вегетации¹⁶

С 2014 по 2020 годы в городах северного полушария вегетационный период растений стал дольше в среднем на 24 дня — он начинается на 12,6 дня раньше и заканчивается на 11,2 дня позже. За раннее начало вегетации в большей части городов ответственны высокие температуры, а за ее позднее окончание — интенсивное искусственное освещение в ночное время. Такие выводы содержит статья, опубликованная в журнале Nature Cities.

¹⁶ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/06/16/night-light> Опубликовано 16.06.2025



Вегетационный период — это промежуток времени, в течение которого растения фотосинтезируют, то есть растут, развиваются и покрыты живыми листьями. В умеренном климате северного полушария он наступает весной и заканчивается осенью — растения реагируют на температуру воздуха и продолжительность светового дня. В городах сроки вегетационного периода могут смещаться, потому что даже с учетом глобального изменения климата в XXI веке они нагревались на 29 процентов быстрее сельской местности, а ночное освещение в последние десятилетия становится на 10 процентов сильнее каждый год.

Ученые под руководством Вана Лихуна из Уханьского университета исследовали как потепление и ночное искусственное освещение сказываются на вегетационном периоде городских растений. Они использовали спутниковые данные VIIRS DNB (Day/Night Band) о ночном освещении в 428 городах северного полушария площадью более 100 квадратных километров с 2014 по 2020 годы и сосредоточились на важном для растений диапазоне электромагнитного излучения от 500 до 900 нанометров, который включает видимый свет и часть инфракрасного. Начало и конец вегетационного сезона авторы отслеживали по увеличению «зелености» на спутниковых снимках VIIRS GLSP (Global Land Surface Phenology). Также учитывались средние, максимальные и минимальные температуры воздуха в городах во время и в течение 40 дней до начала вегетации.

Оказалось, что за семь лет вегетационный период в городах стал начинаться в среднем на 12,6 дня раньше и сместился с начала апреля на вторую половину марта — с девяносто пятого ($94,4 \pm 0,4$) к восьмидесяти второму ($81,8 \pm 0,3$) дню года. Конец вегетационного периода при этом сдвинулся на 11,2 дня вперед — с двести двадцать восьмого ($227,6 \pm 0,3$) на двести сороковой ($238,8 \pm 0,3$) день года. В среднем вегетационный период в городах стал длиннее практически на 24 дня, а по сравнению с сельской местностью — на 13,5 дня, причем увеличение продолжительности вегетационного сезона по сравнению с загородными территориями наблюдалось для 88,3 процента городов.

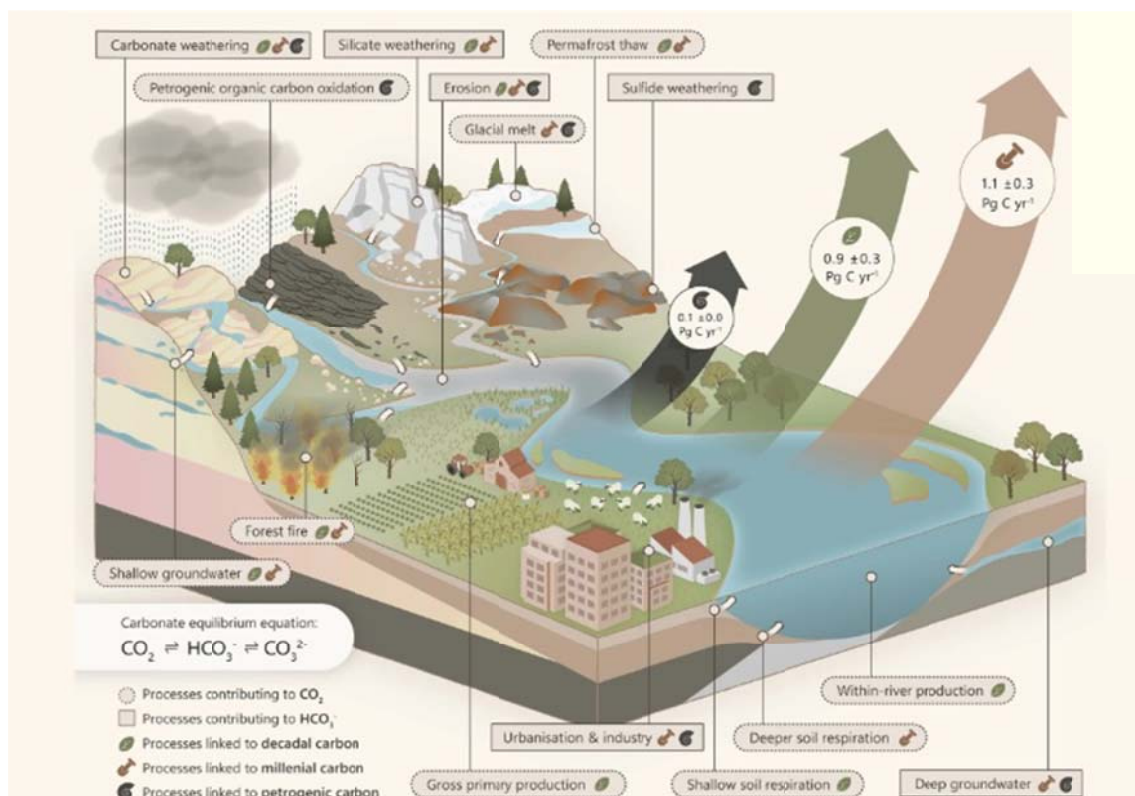
Весной ночное искусственное освещение в городах было на $25,5 \pm 0,3$ нановатта на квадратный сантиметр на стерадиан (то есть на тот угол падения, который может зафиксировать спутник на фото) выше, чем в сельской местности, а осенью — на $20,1 \pm 0,2$ нановатта на квадратный сантиметр на стерадиан выше. Температура в городах весной была на $0,3 \pm 0,004$, а осенью на $0,5 \pm 0,005$ градуса Цельсия выше в городах, чем в окружающей их сельской местности. Для быстрого начала вегетационного сезона в большей части городов важнее оказалось влияние высоких температур, а для его долгого окончания — влияние ночного освещения.

Среди последствий совместного воздействия искусственного ночного освещения и городского острова тепла на местные экосистемы и население авторы перечислили ранее появление аллергенной пыльцы, нарушение взаимодействий между растениями и их опылителями и возросшую уязвимость городских растений к весенним заморозкам. Есть и положительный для окружающей среды эффект: более долгие вегетационные сезоны могут ослаблять действие городского острова тепла и способствовать более интенсивному поглощению углерода растительным покровом.

Теплый городской климат может влиять не только на сезон вегетации растений, но и на их цвет. Например, растения кислицы рожковой из-за городского острова тепла по всему миру стали красными — такие особи лучше фотосинтезируют и выживают в условиях теплового стресса благодаря высокому содержанию антоцианов.

Реки обвинили в утечках древнего углерода в атмосферу¹⁷

Около 70 % углерода, который выбрасывается с поверхности рек в виде метана и углекислого газа за год ($1,2 \pm 0,3$ миллиарда тонн) имеет тысяче-летний возраст, хотя раньше считалось, что реки отдают в атмосферу преимущественно молодой углерод из биомассы возрастом порядка 10 лет. Это означает, что наземные экосистемы удерживают углерод из антропогенных выбросов парниковых газов прочнее, чем предполагалось, а древний углерод — хуже. Такие выводы содержит статья, опубликованная в журнале Nature.



Ученые под руководством Джошуа Дина (Joshua Dean) из Бристольского университета предложили серьезные поправки для глобальных моделей углеродных потоков между сушей, атмосферой и океаном. Чтобы

¹⁷ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/06/10/rivers-carbon> Опубликовано 10.06.2025

определить глобальные закономерности возраста углерода в речных выбросах, они собрали данные 1141 измерения возраста углерода по радиоуглеродному методу из 67 научных публикаций и добавили к ним 54 новых измерения в реках Англии, Тайваня, Камбоджи и Китая. В 62-74 процентах измерений доля радиоактивного изотопа ^{14}C указала на возраст углерода старше 1955 года, а половина углерода в выбросах имела возраст более 1000 лет. Это означает, что реки выносят больше углерода из глубоких почвенных горизонтов и горных пород, чем свежего углерода из мертвой биомассы. Авторы оценили время жизни углерода наземных экосистем в 400-1400 лет и отметили, что антропогенный углерод может задерживаться в них на такой срок, а его потери с речными выбросами оказались переоценены вдвое.

Впервые найдена убедительная связь между глобальным потеплением и землетрясениями¹⁸

Изменение климата усугубляет многие природные угрозы, включая засухи, волны жары и штормовые нагоны. Теперь в этот перечень добавились землетрясения: ученые выяснили, что по мере ускорения таяния горных ледников талая вода, просачиваясь вглубь земли, увеличивает риск разрушительных подземных толчков.

Доказательства нашли под Гранд-Жорасом — покрытой ледниками вершиной в составе массива Монблан, где находятся самые высокие горы Западной Европы. Точные сейсмические записи показали, что волна жары в 2015 году вызвала всплеск небольших землетрясений под горой. Они не были разрушительными — но известно, что вероятность сильных землетрясений возрастает с увеличением частоты слабых.

«Это резко повышает опасность», — подчеркнул старший сейсмолог Тони Крафт из Швейцарской высшей технической школы Цюриха (ETH Zürich).

Ученые давно знают о роли воды в толще горных пород в запуске землетрясений. Когда она проникает в поры скал, дополнительное давле-

¹⁸ Источник: https://naukatv.ru/news/globalnoe_poteplenie_provotsiruet_zemletryaseniya_v_alpakh
Опубликовано 26.06.2025

ние может ослабить силы, удерживающие разломы закрытыми, что приводит к их смещению. Например, на востоке Тайваня движение вдоль разлома, который вызвал землетрясение магнитудой 6,8 в 2003 году, по-видимому, меняется в зависимости от сезона дождей. Тот же механизм работает в кластерах землетрясений, которые иногда провоцируют добычей природного газа методом гидроразрыва, хранением сточных вод и проектами по выработке геотермальной энергии закачкой воды глубоко под землю.

Глобальное потепление также высвобождает воду в землю, растапливая горные ледники. До сих пор эту связь с землетрясениями не удавалось убедительно доказать, но новое исследование представляет веские аргументы, отметил сейсмолог Кванхи Ким из Пусанского университета: «Оно предоставляет множество доказательств, что геосфера реагирует на изменение климата».

В регионе Монблана также наблюдается четкая сезонная тенденция: в конце лета, после того как талая вода с ледников проникает в горные породы, небольшие толчки учащаются, а ранней весной они становятся реже. Крафт и его коллеги решили детально изучить сейсмические данные, чтобы выяснить, влияет ли изменение климата на долгосрочный тренд.

«Цель — получить максимально объективную картину сейсмичности», — сказал он.

Данные, послужившие основой опубликованного в журнале *Earth and Planetary Science Letters* исследования, взяли с высокочувствительного сейсмометра, установленного в 2006 году примерно в 13 км к югу от Гранд-Жораса. Он зафиксировал более 12 000 землетрясений, оставшихся незамеченными из-за их слабой магнитуды.

Записи показали резкий скачок магнитуды и частоты толчков, начиная с 2015 года, после того как сильная жара растопила высокогорный лед, говорит сейсмолог Верена Саймон из ETH Zürich. Анализ погодных данных показал, что более сильные волны жары, по-видимому, приводят к более выраженным скачкам сейсмичности — с задержкой в год для мелких землетрясений и два года для толчков на глубине до 7 км.

Похоже, талая вода нашла пути через горы и подготовила больше разломов к разрыву — а значит, «система должна была достичь переломного момента», объясняет Саймон.

Знаменитый 11-километровый тоннель под Монбланом уже показал, как легко вода проникает внутрь гор. Строительство тоннеля в начале 1960-х годов осложнялось потоками воды, и она была пресной, без мине-

ралов, которые накопила бы при медленном просачивании сквозь горные толщи.

В сочетании с сейсмическими данными исследователей и более широкими моделями таяния в Альпах это складывается в «поразительно четкую картину», отмечает сейсмолог Уильям Элсворт из Стэнфордского университета. Находящаяся под давлением вода быстро просачивается к разломам, которые часто находятся на грани скольжения, — и иногда подталкивает их к сдвигу.

«Практически везде Земля находится в относительно критическом состоянии», — констатирует геофизик.

Дополнительные годы наблюдений и исследования, показывающие аналогичный рост сейсмичности в других частях Альп, укрепят связь с климатом, считает геодинимик Филипп Вернан из Университета Монпелье. По его словам, сейсмические паттерны Альп сложны, и могут играть роль другие факторы — например, всплеск землетрясений как запоздалая реакция на строительство тоннеля.

Климатически обусловленные землетрясения вряд ли угрожают тоннелю или близлежащим городам — в целом, Альпы способны на землетрясения магнитудой до 6, и большая часть инфраструктуры рассчитана на такие толчки, успокаивает Крафт.

Но в других горных системах, включая Гималаи, возможны гораздо более сильные землетрясения — и там тоже интенсивно тают ледники. Если за пределами Альп происходят аналогичные процессы, ученым и местным сообществам нужно начать это учитывать, заключил он.

Влияние зимнего потепления на глобальные растительные сообщества¹⁹

Санджана Гаджбие

Многие эксперименты по изучению последствий потепления могут давать неполную картину. Исследователи из Мичиганского государственного

¹⁹ Источник: Sanjana Gajbhiye. Warming winters may reshape global plant communities / <https://www.earth.com/news/warming-winters-may-reshape-global-plant-communities/> Опубликовано 24.06.2025

университета обнаружили, что исследования, сосредоточенные исключительно на летних тепловых волнах, могут недооценивать общий эффект изменения климата.

Растения также переживают зимний период, и игнорирование потепления в холодное время года приводит к упущению важных процессов, таких как рост корней и круговорот питательных веществ.

В своем последнем глобальном метаанализе, опубликованном в журнале *Global Change Biology*, авторы проанализировали 126 экспериментов, проведенных в условиях открытых тепличных камер. Исследования охватывали 13 различных признаков растений, изучаемых в разнообразных экосистемах — от Антарктиды до штата Мичиган.

Обширный набор данных позволил выявить, как такие характеристики, как биомасса, содержание азота и фенология цветения, реагируют на повышение температуры.

Эксперименты, рассчитанные только на лето, не приносят результата

Фиби Зарнецке, профессор кафедры интегративной биологии Мичиганского государственного университета, отметила, что этот важный глобальный синтез последствий потепления для растений в различных экосистемах может быть использован для разработки моделей будущих климатических изменений.

Она подчеркнула, что круглогодичное потепление вызвало более выраженные изменения: надземная биомасса, масса плодов и рост листьев показали значительное увеличение, тогда как сезонное (только летнее) потепление вызвало более слабые эффекты.

Зарнецке также указала, что содержание азота в надземной части растений заметно снизилось только при круглогодичном потеплении.

По её мнению, эксперименты, игнорирующие зимний период, могут пропустить важные экологические изменения. В исследовании предполагалось, что многие предыдущие эксперименты, сосредоточенные только на летнем потеплении, могли недооценивать реакцию растений на климатические изменения.

Потепление изменяет свойства растений

Исследователи классифицировали реакции растений по четырём группам признаков: ростовые, репродуктивные, химические и фенологические. Некоторые из этих реакций оказались предсказуемыми.

Потепление способствовало увеличению роста листьев (G Хеджеса = 0,54) и подземной биомассы ($G = 0,60$). Кроме того, оно вызвало более ранние весенние фенофазы, хотя этот эффект был слабым ($G = -0,12$).

Однако не все изменения были положительными. Содержание азота в надземной части растений снизилось ($G = -0,41$), что, вероятно, связано с эффектом разбавления питательных веществ. Вес плодов увеличивался с широтой, демонстрируя более выраженную реакцию в более холодных регионах.

В более холодных регионах наблюдаются более существенные изменения в растительном мире

С увеличением широты репродуктивные признаки растений становились более чувствительными. Количество плодов и их масса значительно возрастали в более высоких широтах. Кроме того, сроки наступления весны наступали более резко вблизи полюсов.

Растения, обитающие вблизи северных границ, также демонстрировали рост под влиянием потепления, что, вероятно, связано с большей климатической изменчивостью в этих районах.

Эта изменчивость может способствовать их быстрой адаптации. Виды, обитающие дальше от северных границ, демонстрировали менее выраженные или даже отрицательные изменения.

Реакции на потепление стабилизируются с течением времени

Краткосрочные эксперименты выявляли более значительные изменения признаков. Со временем сообщества растений могут адаптироваться, что приводит к уменьшению выраженности наблюдаемых эффектов. Например, продолжительность жизни цветка и количество плодов демонстрировали более слабые изменения в более длительных исследованиях.

Данная закономерность позволяет предположить, что пластические реакции растений могут ослабевать или стабилизироваться со временем. Круглогодичное потепление более адекватно моделирует будущие климатические условия, особенно с учётом ожидаемого повышения температуры зимой.

Не все виды реагируют одинаково

В исследовании отмечалось, что не все виды реагируют на потепление одинаково. Значительную роль играли формы роста: злаки и травы реагировали на 9 из 13 изучаемых признаков. Кустарники также демонстри-

ровали изменения, связанные с потеплением, включая увеличение процента покрытия и урожайности плодов.

С другой стороны, бриофиты и лишайники сокращались при повышении температуры — их процентное покрытие уменьшалось, в то время как сосудистые растения процветали. Такой контраст мог нивелировать общие тенденции на уровне сообществ, маскируя специфические изменения у менее заметных видов.

Авторы исследования указывали, что неместные виды могут выиграть от будущих климатических условий. Однако, по их мнению, данные по таким видам оставались ограниченными, и количество информации о реакциях чужеродных видов было слишком скудным для вынесения серьёзных выводов.

Для изучения последствий потепления требуется больше данных о разнообразии растений

Лаборатория SpaCE под руководством Фиби Зарнецке предоставила один из 126 наборов данных. Их долгосрочные эксперименты по потеплению на биологической станции Келлогг зафиксировали сезонные изменения, которые часто остаются незамеченными в других исследованиях.

Кара Добсон подчеркнула, что данное исследование уникально по масштабу собранного набора данных, объединяющего результаты экспериментов со всего мира и со всех континентов, включая Антарктиду.

Команда исследователей рекомендовала более широко включать в эксперименты различные виды растений. Особое внимание, по их мнению, следует уделять неаборигенным и несосудистым растениям, поскольку без их учета прогнозы последствий потепления могут оставаться искаженными.

Изменение климата требует более совершенных моделей

В исследовании отмечалось, что многие предыдущие работы по потеплению рассматривали лишь один контекст — например, летний сезон, определённые виды или отдельные регионы. Анализ показал, что ни одна отдельная характеристика не может рассказать всю картину полностью.

Авторы подчеркнули, что потепление оказывает разное влияние на растения в зависимости от широты, типа растений и продолжительности эксперимента. В то же время они отметили, что скоординированные глобальные инициативы, такие как сети LTER и WaRM, начинают заполнять существующие пробелы в знаниях.

По их мнению, растения не являются пассивными объектами воздействия: они адаптируются, приходят в упадок или расцветают, иногда одновременно проявляя все эти реакции. Для полного понимания таких изменений необходимо рассматривать влияние потепления с учётом всех сезонов и экосистем, а не только в периоды максимальной солнечной активности.

Китай, США и Индия стали источником более половины рекордных выбросов CO₂ в 2024²⁰

Мировые выбросы парниковых газов достигли нового исторического максимума в 2024 г., составив 40,8 млрд метрических тонн (т) эквивалента CO₂, несмотря на значительный рост возобновляемых источников энергии и обязательства стран по борьбе с изменением климата. К такому выводу пришли аналитики отраслевого издания Oilprice.com, опираясь на данные The Energy Institute (EI).

В обзоре аналитики EI учитывали выбросы углекислого газа в результате использования ископаемого топлива, сжигания в факелах и промышленных процессов, а также выбросы метана — гораздо более мощного по своему воздействию парникового газа. Такой учет позволяет более точно отразить климатический «след» энергетической отрасли.

О чем говорит исследование?

- Несмотря на инвестиции в возобновляемые источники энергии и планы корпораций по снижению до нуля выбросов CO₂, тенденция к их росту сохраняется с 2021 г. В 2024 г. уровень вредных выбросов увеличился на 0,5 млрд тонн по сравнению с 2023 г., до 40,8 млрд. В среднем они повышаются на 1% в год.
- Три крупнейших источника выбросов в мире — Китай, США и Индия, на них приходится более половины CO₂.
- При этом в США в 2024 г. уровень выбросов был ниже, чем в 1990 г., хотя за это время население страны выросло на 37%. С 2000 г.

²⁰ Источник: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/kitai-ssha-i-india-stali-istochnikom-bolee-poloviny-rekordnykh-vybrosov-co-v-2024> Опубликовано 7.07.2025

Штаты сократили выбросы на 913 млн т, в то время как Германия — вторая по этому показателю — на 292 млн т.

- Противоположная динамика наблюдается в Китае: с 1990 г. выбросы здесь увеличились в пять раз, только за последние 24 года — на 8,8 млрд т. В конце 2024 г. на КНР пришлось 12,5 млрд т, или почти 31% общих выбросов CO₂. При этом Китай — мировой лидер в области развития солнечной и ветровой энергии. Но также и крупнейший в мире потребитель угля.
- Выбросы Индии тоже выросли: с 1990 г. — в пять раз, за последние 24 года — на 2,2 млрд т. В 2024 г. на эту страну пришлось 3,3 млрд т в эквиваленте CO₂.
- Увеличивается показатель и в других регионах: в Африке — на 25%, на Ближнем Востоке — на 15%, в АТР — на 9%, в Южной и Центральной Америке — на 9,3%.
- Сокращение показывает Европа — в среднем на 1,4% в год за последнее десятилетие. Выбросы ЕС в 2024 г. сократились до 3,7 млрд. Германия и Великобритания остаются лидерами по энергопереходу, однако на территории региона успех неравномерный.
- Хотя возобновляемые источники энергии были ответственны за генерацию трети мирового предложения электроэнергии в 2024 г., они покрыли чуть более 8% общего спроса на энергию.

Впервые с 2006 г. все основные источники энергии — как возобновляемые, так и ископаемые виды топлива — достигли рекордных уровней потребления, что является отражением растущего мирового спроса. Ни одна страна не повлияла на этот результат больше, чем Китай. Быстрое расширение его возобновляемых мощностей, наряду с продолжающейся зависимостью от угля, газа и нефти, является движущей силой мировых энергетических тенденций.

Самый большой водопад Земли скрыт под водой — и он меняет климат²¹

Под поверхностью Датского пролива между Исландией и Гренландией находится крупнейший в мире водопад. Он в десять раз выше Ниагары и перекачивает больше воды, чем Амазонка — но увидеть его невозможно.

Когда говорят о водопадах, на ум приходят гроыхающая Ниагара, струящийся Анхель или мощные каскады Игуасу. Однако ни один из этих природных гигантов не сравнится с водопадом, спрятанным под арктическими водами. Его не видно, он не шумит, не поднимает брызг — и всё же именно он в значительной мере формирует климат Земли.

Речь идёт о подводном водопаде в Датском проливе — геофизическом феномене, впервые обнаруженном океанографами несколько десятилетий назад. Его масштаб поражает: каждый миг он сбрасывает более 3,2 миллиона кубометров воды — это около 123 миллионов кубических футов в секунду. Для сравнения, Ниагарский водопад переносит «всего» около 2,4 тысячи кубометров в секунду.

В отличие от наземных водопадов, которые возникают, когда река падает с утёса, подводные каскады движутся из-за разницы плотности воды. В Датском проливе холодная, солёная вода с севера скользит вниз под более тёплый и лёгкий слой Атлантики. Этот «перелив» похож на сироп, медленно стекая по наклонной поверхности кастрюли, только в масштабах целого океана.

На глубине около 3500 метров холодный поток встречает подводный хребет — своеобразный «обрыв», с которого он падает, устремляясь в глубины Атлантического океана. При этом водяная масса не просто перемещается: она запускает гигантский круговорот — часть так называемой атлантической меридиональной циркуляции (АМОС). Этот глобальный «тепловой конвейер» переносит тёплые воды Гольфстрима на север, а холодные — на юг, влияя на погоду, экосистемы и миграции.

По мнению учёных, водопад в Датском проливе — ключевой элемент климатической системы планеты. Его ослабление или усиление способно изменить погодные паттерны: усилить ураганы, охладить Европу, изменить запасы рыбы. Исследователи уже фиксируют влияние глобально-

²¹ Источник: <https://ecosphere.press/2025/07/16/samyj-bolshoj-vodopad-zemli-skryt-pod-vodoj-i-on-menyaet-klimat/> Опубликовано 16.07.2025

го потепления: повышение температуры и снижение солёности арктических вод могут нарушить привычный «пульс» водопада.

Океанолог из Барселонского университета Дэвид Амблас поясняет: «Полярные области — это сердце океанической системы, перекачивающей плотную воду в океанические впадины. Нарушения в этом ритме скажутся на всей планете».

На сегодня нет ни одной прямой видеозаписи этого явления. Все знания основаны на датчиках, спутниках, глубинных планерах и осадочных кернах. Учёные пытаются собрать фрагменты мозаики и в будущем рассчитывают создать полноценную 3D-карту водопада, чтобы отслеживать его сезонные изменения.

Продолжительность тепловых волн увеличивается по мере глобального потепления²²

По данным исследователей, самые продолжительные и редкие тепловые волны, способные длиться неделями, становятся всё более частыми.

Уточняется, что каждая дополнительная доля градуса глобального потепления будет усиливать воздействие на продолжительность таких волн, причём особенно заметное удлинение будет характерно для наиболее экстремальных из них.

Отмечается также, что изменения в тропических регионах будут выражены сильнее, чем в умеренных широтах, а летние тепловые волны окажутся более продолжительными по сравнению с зимними тёплыми периодами.

Исследователи под руководством учёных из Калифорнийского университета и Университета Адольфо Ибаньеса в Сантьяго (Чили) разработали уравнение, которое позволяет как анализировать отдельный регион, так и получать более обширные знания, исследуя несколько регионов одновременно.

²² Источник: Duration of heat waves accelerating faster than global warming / <https://www.preventionweb.net/news/duration-heat-waves-accelerating-faster-global-warming> Опубликовано 8.07.2025

В новом исследовании говорится, что изменение климата не только приведёт к увеличению температуры и продолжительности тепловых волн, но и ускорит их удлинение с каждой дополнительной долей градуса глобального потепления.

В исследовании, опубликованном в журнале *Nature Geoscience*, учёные под руководством специалистов из Калифорнийского университета и Университета Адольфо Ибаньеса в Сантьяго выявили, что самые продолжительные тепловые волны будут ускоряться в большей степени, а частота самых экстремальных таких волн будет расти сильнее всего. Они подчеркнули, что увеличение продолжительности тепловых волн повышает риски для людей, животных, сельского хозяйства и экосистем.

Заслуженный профессор атмосферных и океанических наук, изучающий изменчивость климата, Нилин отметил, что каждая дополнительная доля градуса потепления оказывает всё более значительное влияние по сравнению с предыдущей. Он также указал, что ускорение удлинения тепловых волн означает необходимость всё более быстрого темпа адаптации, особенно к самым экстремальным из них, которые меняются быстрее всего, если скорость потепления сохранится на текущем уровне.

Нилин отметил, что люди уже начали ощущать более продолжительные тепловые волны в последние десятилетия. Он привёл в пример недавние события: в конце июня текущего месяца над большей частью США образовался тепловой купол, который побил суточные рекорды жары, повредил разводной мост в Вирджинии и вызвал тепловой удар у десятков человек на выпускном вечере. В Европе, по его словам, в первую неделю июля из-за аномальной жары была закрыта Эйфелева башня, а на Уимблдонском турнире впервые была применена инициатива «Ледяное полотенце» — этот день стал самым жарким в истории открытия турнира.

Ведущий автор исследования, Кристиан Мартинес-Виллалобос, доцент инженерных и естественных наук Университета Адольфо Ибаньеса, специализирующийся на теоретическом моделировании, отметил, что самые длинные и редкие тепловые волны в каждом регионе — те, что длятся неделями, — демонстрируют наибольшее увеличение частоты. Он также подчеркнул, что с учётом естественных температурных колебаний в каждом регионе наблюдаемые в последнее время тенденции удлинения тепловых волн уже соответствуют схеме ускорения, предсказанной климатическими моделями.

Нилин отметил, что наибольшим изменениям подвергнутся сезоны и регионы, где погода в настоящее время менее изменчива. По его словам, если в текущем климате наблюдаются значительные колебания температуры, то изменения на доли градуса будут иметь менее заметное воздействие

по сравнению с регионами с более стабильным климатом. Он пояснил, что, как правило, влияние изменений сильнее в тропических регионах, чем в областях с умеренным климатом, а зимние тёплые периоды будут изменяться меньше, чем летние, поскольку летом изменчивость температуры меньше.

Юго-Восточная Азия и экваториальные регионы Южной Америки и Африки, по прогнозам исследователей, вероятнее всего, испытают наибольшее воздействие тепловых волн. Согласно их оценкам, тепловые волны продолжительностью более 35 дней в экваториальной Африке в период с 2020 по 2044 гг. будут происходить в 60 раз чаще по сравнению с недавним прошлым — с 1990 по 2014 гг..

Нилин отметил, что результаты исследования позволили вывести формулу, описывающую влияние изменения климата в различных регионах. Он подчеркнул, что будущие работы должны будут оценить, как более продолжительные тепловые волны скажутся на таких показателях, как влажность почвы и риск лесных пожаров. Это, в свою очередь, поможет обосновать критически важные меры адаптации для планирования сельского хозяйства, стратегий коммунального хозяйства и городского развития — включая создание центров охлаждения и высадку теневых насаждений.

Нилин подчеркнул, что решение возникающих проблем будет зависеть от наличия высокоточных моделей погоды и климата. По его словам, текущий федеральный бюджет ставит под угрозу возможности США и отталкивает молодых учёных от работы в этой области. Он отметил, что деприоритизация и сокращение финансирования климатических и научных исследований ограничивают возможности по составлению точных прогнозов для управления рисками в конкретных регионах. В результате, подчеркнул Нилин, у страны будет гораздо меньше ресурсов для адаптации к изменению климата именно в тот момент, когда необходимо ускорить планирование соответствующих мер.

В зоне риска

Температура поверхности мирового океана приблизилась к историческому максимуму²³

Температура поверхности мирового океана в мае достигла второго по величине значения за всю историю наблюдений. Об этом сообщила европейская Служба по изменению климата «Коперник».

«Средняя температура поверхности морей в мире в мае 2025 составила 20,79 градусов, что на 0,14 градуса меньше рекордной температуры, зафиксированной в мае 2024», - указали специалисты.

Высокую температуру поверхности мирового океана ученые объясняют тем, что он поглощает 25-30% выбросов углекислого газа в атмосфере и около 90% излишков тепла. Как считают климатологи, благодаря этому Мировой океан остается главным природным тормозом глобального потепления. Однако ученые опасаются, что это может вызвать кардинальные перестройки в экосистемах морей. В частности, потепление и закисление вод Мирового океана мешает коралловым полипам захватывать ионы кальция и угольной кислоты, что может привести к разрушению коралловых рифов. Климатологи также опасаются, что эти процессы могут ускорить размножение одноклеточных водорослей, а значит, резко ухудшить снабжение кислородом остальных обитателей морей.

Более половины дата-центров под угрозой из-за изменения климата²⁴

Глобальное потепление всё сильнее сказывается на работе центров обработки данных — ключевой инфраструктуры для ИИ и облачных сервисов.

²³ Источник: <https://nauka.tass.ru/nauka/24197549> Опубликовано 11.06.2025

²⁴ Источник: <https://hightech.plus/2025/07/15/boleee-polovini-data-centrov-pod-ugrozoi-iz-za-izmeneniya-klimata> Опубликовано 15.07.2025

Согласно исследованию Maplecroft, более половины крупнейших дата-центров мира сталкиваются с высоким климатическим риском, а к 2040 году эта доля может вырасти до 68%. Увеличение потребления энергии и воды для охлаждения, особенно в засушливых регионах, ставит под угрозу бесперебойную работу систем и может привести к социальным и политическим конфликтам.

По прогнозам Maplecroft, если сегодня 56% дата-центров находятся в зоне высокого или очень высокого риска из-за повышения температур, то к 2040 году эта цифра может вырасти до 68%, а к 2080 году — до 80%.

Эта тенденция особенно заметна в некоторых регионах. Ожидается, что уже к 2040 году все дата-центры в Азиатско-Тихоокеанском регионе и на Ближнем Востоке столкнутся с высоким или очень высоким риском. Поэтому важно стратегически подходить к выбору места для таких объектов.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе отключения дата-центров из-за перегрева, как это уже случалось в Великобритании и США в 2022 году, могут стать более частыми.

В отчёте также говорится, что растущая потребность в воде может вызвать социальные и политические конфликты в некоторых регионах. Ожидается, что к 2030 году 52% дата-центров будут расположены в районах с острым дефицитом воды. Такие регионы, как Абу-Даби и Дубай на Ближнем Востоке, Лагос и Йоханнесбург в Африке, Лос-Анджелес и Сан-Диего в Северной Америке, а также Чаннаи и Нью-Дели в Азии, считаются зонами повышенного риска.

Эксперты подчеркивают, что операторы, клиенты и инвесторы должны оценивать возрастающие климатические и социально-политические риски. Это критически важно не только для их собственной стабильности, но и из-за того, что регулирующие органы всё пристальнее следят за тем, как компании управляют рисками, связанными со своими сторонними партнёрами.

Женщины оказались климатически тревожнее мужчин²⁵

Пол оказался статистически значимым ($p = 0,023$) предиктором климатической тревожности: у женщин риски столкнуться с ней в 1,47 раза выше, чем у мужчин. Помимо женщин с такой тревожностью чаще сталкиваются люди, которые читают много материалов в СМИ на тему климата, молодые люди и те, кто активно дискутирует на тему климатических изменений с друзьями и родственниками. С каждым годом жизни шансы испытать климатическую тревожность уменьшаются 1,1 процента. Подростки отмечают при этом, что изменение климата может повлиять на них лично и притом уже в ближайшее время. Статья опубликована в PLoS Climate.

Ученые под руководством Кэтрин Крикориан из некоммерческой организации MiOra анонимно опросили 2000 жителей США на предмет их климатической тревожности. Они использовали платформу AYTM (Ask Your Target Market). О наличии тревожности сообщили 26 процентов опрошенных, причем тревожило их не только само по себе изменение климата, но и то, что информация о нем оказывается слишком сложной, а потому подавляющей. Самыми эффективными способами снизить тревожность люди назвали волонтерство в экологических организациях, доступ к более понятной климатической информации и активные действия по борьбе с изменением климата, например, принятие специальных законов и проведение научных исследований.

²⁵ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/07/16/climate-anxiety> Опубликовано 16.07.2025

Технологии

Ученые запустили проект по охлаждению Земли с помощью морских облаков²⁶

Команда ученых из Манчестерского университета запустила проект REFLECT, чтобы выяснить, может ли осветление морских облаков стать временным способом сдерживания глобального потепления. Проект финансируется Агентством перспективных исследований и изобретений Великобритании (ARIA) и исследует, как распыление частиц морской соли может повысить отражательную способность облаков, возвращая солнечное излучение в космос и снижая температуру на Земле.

В чем идея проекта

Проект REFLECT (Responsible innovation Framework for assessing novel spray technology To examine local albedo changes) изучает технологию морского облачного осветления (МСВ). Суть метода — распыление мелких частиц морской соли в низкие облака над океанами, что увеличивает их альбедо (способность отражать свет) на 5–10%. Это может временно снизить температуру в отдельных регионах, что является критически важным в условиях быстрого глобального потепления.

Принцип основан на естественном процессе: морские брызги создают аэрозоли, вокруг которых образуются облачные капли. Чем больше частиц — тем больше капель, а облака становятся ярче и живут дольше.

Исследования показывают, что локально МСВ может снизить температуру на 0,5–1 °С, однако глобальный эффект пока неясен. Так, моделирование показало, что осветление облаков в юго-восточном Атлантическом океане может снизить радиационное воздействие до 2 Вт/м². Этого все еще недостаточно, чтобы компенсировать глобальное потепление (порядка 3 Вт/м²), но проект только набирает обороты. В то же время эксперименты в конце 2024 года на Большом Барьерном рифе продемонстрировали, что распыление соли способно понизить температуру воды и защитить кораллы от обесцвечивания.

²⁶ Источник:

https://naukatv.ru/news/ucheny_e_zapustili_proekt_po_okhlazhdeniyu_zemli_s_pomoschyu_morskikh_oblakov Опубликовано 22.05.2025

МСВ эффективнее не только за счет увеличения яркости облаков, как считалось ранее, но прежде всего за счет роста облачности — на 60–90%. Однако эффект не универсален: в некоторых регионах осветление может изменить осадки, снизить продуктивность экосистем. Пока что эту погрешность пытаются устранить.

С начала индустриальной эпохи глобальная температура уже выросла на 1,1 °С, и нынешние меры по снижению выбросов не гарантируют удержания потепления в пределах 1,5 °С, установленного Парижским соглашением.

МСВ — это временная мера, которая не устраняет саму причину потепления — выбросы парниковых газов, но может дать человечеству дополнительное время на сокращение этих выбросов и переход к экологически чистой энергетике.

«Мир не достигает своих климатических целей, и быстрое потепление вызывает необратимые последствия», — говорит профессор Хью Коу, руководитель проекта.

МСВ использует безопасный природный материал — морскую соль, которая оседает в течение нескольких дней, делая вмешательство обратимым. Это отличает метод от более радикальных подходов, таких как инъекции стратосферных аэрозолей, которые сложнее контролировать. Однако сохраняются риски: осветление может нарушить атмосферные процессы и усилить потепление в некоторых регионах, если облака начнут истончаться.

Проект разделен на три направления

Технологии: ученые из Манчестера и Кембриджа разрабатывают методы распыления, включая перегретую и пузырьковую атомизацию, а также электроспрей. Лабораторные испытания помогут определить оптимальный размер частиц (менее 1 мкм).

Полевые эксперименты: если лабораторные тесты будут успешны, последуют ограниченные по времени морские испытания под строгим контролем, с привлечением местных сообществ и экологов.

Климатическое моделирование: исследователи из Эксетера и Финского метеорологического института изучают возможные климатические последствия МСВ — от изменений осадков до влияния на морские экосистемы.

«Осуществимость МСВ зависит не только от технологий, но и от общественного восприятия и содействия», — отмечает Роб Белами, старший преподаватель Манчестерского университета.

Проект пока что не предполагает запуск МСВ в масштабах планеты, но стремится создать научную основу для будущих решений.

«Это шаг к осознанному глобальному выбору и возможно наше спасение», — говорит Марк Саймс из ARIA.

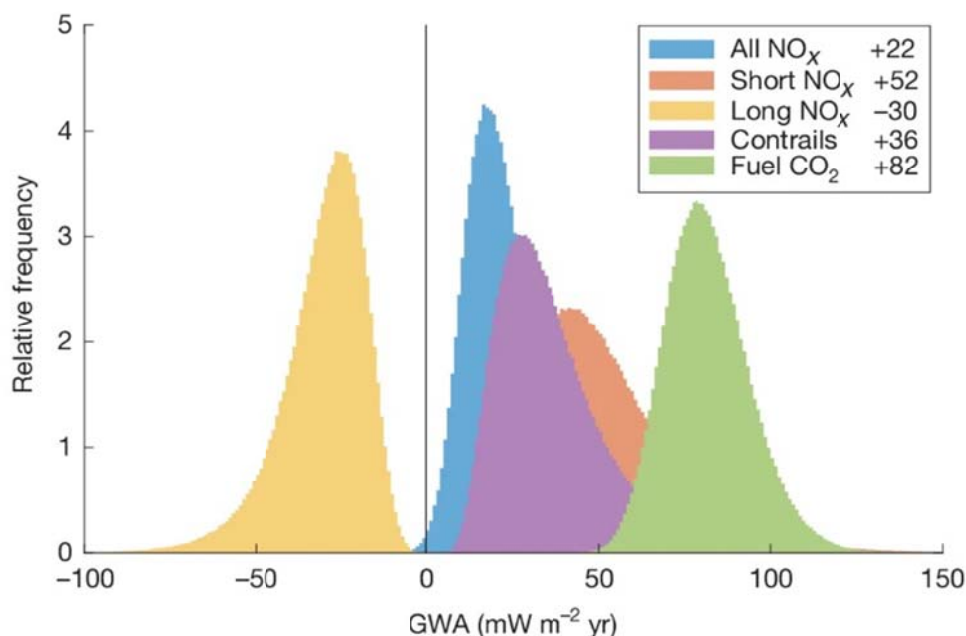
«Мы хотим понять, могут ли даже небольшие вмешательства быть эффективными или их стоит исключить».

Снижение конденсационных следов от самолетов назвали важной климатической мерой²⁷

Чтобы в длительной перспективе снизить влияние авиации на климат, лучше сосредоточиться не на прямых выбросах углекислого газа от сжигания топлива, а на образовании конденсационных следов. Рост потребления топлива на процент за счет построения обходных маршрутов и изменения высоты полета приведет к снижению конденсационных следов на четыре процента. Такую стратегию в пределах века считают наиболее выгодной для климата авторы статьи, опубликованной в Nature.

Авиация имеет три основных пути воздействия на климат - выбросы углекислого газа, выбросы оксидов азота и конденсационные следы (те самые линии, которые самолеты оставляют после себя в небе). CO₂ - нетоксичный газ, который устойчив в атмосфере, то есть может находиться в ней в течение нескольких сотен лет, и усиливает парниковый эффект. Оксиды азота обладают еще более сильным парниковым потенциалом, чем углекислый газ, но существуют в атмосфере в течение считанных месяцев. За это время они успевают привести к росту концентрации озона в верхней тропосфере, где он не может стать частью озонового слоя, но ведет себя одновременно как токсичный и парниковый газ.

²⁷ Источник: <https://nplus1.ru/news/2025/07/04/aviation-climate-impacts> Опубликовано 4.07.2025



Конденсационные следы образуются при сжигании топлива из-за выброса горячего водяного пара и твердых частиц. Несмотря на то, что такие облачные полосы существуют недолго (от нескольких минут до суток), они успевают внести свой вклад в потепление за счет поглощения и переизлучения длинноволнового излучения от поверхности Земли и обратно к ней. Кроме того, иногда такие следы могут превращаться в устойчивые перистые облака, в итоге в регионах с интенсивным движением самолетов растет общая облачность.

Ученые под руководством Майкла Пратера (Michael Prather) из Калифорнийского университета в Ирвайне исследовали возможные пути снижения воздействия гражданской авиации на климат. Для расчетов они использовали спутниковые данные и данные прямых наблюдений из Шестого доклада Международной группы экспертов по изменению климата, а также модель химии атмосферы UCI CTM. Авторы предложили не акцентировать внимание на углеродном следе и объеме выбросов парниковых газов, а приложить к авиации новую метрику — GWA (Global Warming per Activity), которая отражает среднее потепление, вызванное активностью (в данном случае — полетами), и измеряется в ваттах на квадратный метр поверхности за год.

Оказалось, что наиболее заметный вклад в потепление в краткосрочной перспективе вносят конденсационные следы: за 20 лет они приводят к потеплению в среднем на 33, тогда как CO₂ и NO_x — на 23 и 22 милливатта на квадратный метр в год соответственно. На отрезке продолжительностью в 100 лет ситуация меняется: среднегодовые показатели теплового воздействия конденсационных следов и оксидов азота не меняются, а у уг-

лекислого газа возрастают в 3,6 раза — до 82 милливатт на квадратный метр в год.

Расчеты показали, что наиболее эффективная стратегия снижения климатических рисков в авиации — постараться уменьшить конденсационные следы. Для этого нужно оснастить самолеты более совершенными двигателями и более чистым топливом, использование которых снизит выхлопы твердых частиц — ядер конденсации для влаги. Параллельно с этим важно учитывать метеопрогнозы для планирования маршрутов, на которых можно избежать формирования устойчивых следов конденсации и их взаимодействия с перистыми облаками. Для этого ученые предлагают при возможности облетать районы повышенной влажности и выбирать оптимальную для полета высоту. В результате расход авиационного топлива может повыситься примерно на процент (за счет более длинных маршрутов и меньшей эффективности), но образование конденсационных следов при этом понизится на четыре процента, и в перспективе векового масштаба это уменьшит суммарное тепловое действие авиации на климат.

На авиацию приходится лишь порядка 2,5 % антропогенных выбросов парниковых газов, и любые принятые в этом секторе меры не решат вопрос судьбы прочих углеродных выбросов. Как выяснилось недавно, его не решит и посадка деревьев — распространенная в мире практика смягчения последствий изменения климата. Недавно ученые выяснили, что для компенсации выбросы от использования ископаемого топлива нужно высадить лес на площади в полторы России, и при этом придется пожертвовать многими сельскохозяйственными землями.

Финансовые и регулятивные меры

Климатические проблемы как возможность для развития²⁸

Навроз Дубаш

Когда изменение климата представляют глобальной проблемой, для решения которой нужно коллективно регулировать выбросы парниковых газов, правительства развивающихся стран не видят особых причин придавать этой проблеме больше приоритета, чем остальным. Богатые, промышленно развитые страны внесли непропорционально больший вклад в создание этой проблемы, однако даже они отказываются от обязательств, связанных с декарбонизацией и климатическим финансированием. Между тем на страны с низкими доходами ложится основное бремя издержек, возникающих из-за изменения климата. Понятно, что власти в развивающихся странах приходят к выводу, что для них рациональней не высовываться, сосредоточившись на климатической устойчивости, а не на сокращении выбросов.

Но климатическую проблему можно представить по-другому. Хотя изменение климата, конечно, требует глобальных коллективных действий, на практике результаты в сфере климата определяются огромным множеством решений в сфере развития, включая промышленное развитие, урбанизацию, создание рабочих мест, локальную борьбу с загрязнением природы. В странах, которые начали развиваться позже, как правило, еще не полностью сложились энергосистемы, транспортная инфраструктура, планы урбанизации и структура энергопотребления, поэтому у них есть гибкость, позволяющая направить инвестиции и выбор потребителей в сторону низкоуглеродного, климатически устойчивого развития.

Иными словами, климатическую проблему можно представить как выбор между альтернативными путями развития. Во многих случаях выбор варианта развития оказывается климатическим выбором. В мире, где низкоуглеродная экономика становится конкурентным преимуществом, структурная недостроенность может стать преимуществом.

²⁸ Источник: <https://forbes.kz/articles/klimaticheskaya-problema-kak-vozmozhnost-dlya-razvitiya-0c8e1b> Опубликовано 7.06.2025

Выбор подхода «климат как развитие» не очень прост и не защищен от ошибок. Он требует сильного государственного потенциала, способности мыслить стратегически, полной мобилизации необходимых технологий и финансов. Важно, что этот подход не отменяет озабоченность климатическим равенством. Развивающиеся страны могут выбрать вариант «климат как развитие», но богатые страны, которые внесли непропорционально большой вклад в возникновение этой проблемы, остаются на крючке: они должны будут и дальше поддерживать зеленый переход. Тем не менее этот подход является альтернативой игре с нулевой суммой в климатической политике и создает основу для разработки индивидуальных государственных концепций.

Важной отправной точкой должно стать понимание и поддержка элитами идеи, что низкоуглеродное развитие — это потенциальный шанс, необходимым компонентом которого является климатическая устойчивость. Климатические цели не могут быть важнее целей развития, однако развитие без учета климатических соображений тоже уже невозможно. Чтобы стать политически реализуемой, любая стратегия должна опираться на условия конкретной страны. Варианты низкоуглеродного развития не легко копировать, их нужно адаптировать к географическим условиям, местным возможностям, к другим переменным. Как и в случае с любыми длительными структурными изменениями, требуется долгосрочная национальная концепция, пользующаяся широкой поддержкой (полезным примером служит концепция «зеленого роста» в Южной Корее в 2010-х).

Переход от идей и концепций к политике и реализации требует высокого уровня государственного потенциала. Необходим технический потенциал, а также способность выявлять возможности, соответствующие принципу «климат как развитие», и находить вероятные источники климатической уязвимости. Однако этого недостаточно. Как напоминает социолог Питер Эванс, проанализировавший промышленную политику стран Восточной Азии, государство должно быть «встроено» в экономику, вовлекая и поддерживая частный сектор, но одновременно оно должно сохранять достаточную «автономность», чтобы избежать захвата частным сектором.

На практике это означает создание институтов, способных определять стратегию, осуществлять координацию разных отраслей и на разных уровнях, обеспечивать работу авторитетных площадок для урегулирования конфликтов (в идеале утвержденных законом). Слишком часто климатическую политику поручают сравнительно слабым и изолированным министерствам окружающей среды, которые не способны организовать или реализовать общегосударственные подходы. Кроме того, поскольку широкие структурные изменения могут вызвать озабоченность перераспределением

доходов и оставить позади некоторые группы населения, консультативные органы, подобные Президентской комиссии по климату в ЮАР, могли бы помочь закрепить низкоуглеродный путь развития, выступая посредниками в социальных конфликтах и обеспечивая стабильность широкой политической поддержки.

У развивающихся стран, столкнувшихся с высокой стоимостью заимствований, есть и другая серьезная проблема: как привлечь адекватное финансирование на капиталоемкое низкоуглеродное развитие. Здесь нет простых ответов. По данным агентства BloombergNEF, глобальные инвестиции в переход к низкоуглеродной энергетике в 2024 году составили лишь около трети от ежегодной суммы, которую надо инвестировать до 2030 года, при этом наблюдалось сильное неравенство. Развивающиеся страны получили мало ощутимых результатов от многосторонних инициатив, направленных на увеличение климатического финансирования и реформирование международной финансовой архитектуры. От развитых стран надо требовать, чтобы они выполняли свои финансовые обязательства; это должно оставаться приоритетом. Но развивающимся странам надо также мобилизовать больше внутреннего финансирования и предлагать убедительные инвестиционные программы для привлечения глобальных капиталов.

Недавние усилия по созданию «страновых платформ» (государственные координационные механизмы, которые формулируют концепцию и определяют способы ее финансирования) выглядят одним из вариантов движения вперед. Бразилия, которая готовится в этом году принять Конференцию ООН по изменению климата (COP30), старается вырваться в лидеры с помощью своей всесторонней, межотраслевой программы развития, направленной на привлечение инвестиций. По данным независимого исследования, у Бразилии есть все ингредиенты для успешного зеленого перехода в промышленности: мощная ресурсная база, уже существующее промышленное производство, крупный рынок. Такие модели стоит рассматривать и в других странах — при условии, что они соответствуют национальным концепциям, а не целям, навязываемым финансовыми донорами.

Национально-ориентированные, многозадачные стратегии развития часто подвергают критике: в ситуации чрезвычайного климатического кризиса нужны прямые меры по сокращению выбросов парниковых газов, а не те косвенные пути, которые здесь предлагаются. Но это мнение игнорирует политическую реальность. Если климатические действия будут восприниматься как противоречащие другим целям развития, у них не будет шансов. Единственный вариант — разрабатывать стратегии, позволяющие двигаться к обеим группам целей. Наиболее эффективной климати-

ческой политикой в долгосрочной перспективе может стать политика, влияющая на структурные решения в сфере урбанизации и индустриализации, а не узкая политика регулирования выбросов.

Учитывая, что масштабы глобального сотрудничества в нынешней напряженной геополитической обстановке сокращаются, все эти аргументы не следует интерпретировать как призыв к атомизации. Наоборот, разработкам национальных концепций низкоуглеродной, устойчивой экономики пойдет на пользу взаимное обучение и усиление координации с опорой на местные условия.

Кроме того, внедрение низкоуглеродных технологий потребует инвестиций в стабильные производственные цепочки, что требует политической и экономической предсказуемости. И здесь развивающимся странам следует действовать стратегически и проворно, чтобы найти для себя нишу. От минимального уровня глобального сотрудничества будет по-прежнему зависеть и предоставление финансирования в необходимых размерах.

Есть только один фундамент, который способен выдержать все эти элементы: разработанная на национальном уровне концепция низкоуглеродной, конкурентоспособной и устойчивой экономики.

Как изменение климата влияет на рынок труда и неравенство?²⁹

Анна Альшанская,

Изменение климата оказывает глубокое влияние на жизнь людей во всем мире. Согласно Global Risks Report 2025, изменения климата и связанные с ними экологические проблемы входят в пятерку самых вероятных глобальных рисков на ближайшие десять лет. Казахстан, как и другие страны, сталкивается с последствиями этих процессов. Экологические вызовы неразрывно связаны с социально-экономическим развитием страны, затрагивая такие ключевые сферы, как рынок труда и обеспечение социально-экономического равенства.

²⁹ Источник: <https://kisi.kz/ru/kak-izmenenie-klimata-vliyaet-na-rynok-truda-i-neravenstvo/> Опубликовано 10.06.2025

Трансформация рынка труда

Все чаще ученые и эксперты говорят: климатические процессы напрямую влияют на рынок труда.

Под угрозой оказываются рабочие места в чувствительных к климату секторах экономики – в первую очередь, в сельском хозяйстве. Например, в Казахстане, несмотря на то, что доля занятых в этой сфере сократилась с 28% в 2010 году до 11% в 2024-м, для многих сельских регионов это по-прежнему ключевой вид занятости.

Изменение климата влияет не только на количество рабочих мест, но и на производительность труда. По оценкам Международной организации труда (МОТ), в случае повышения глобальной температуры на 1,5 °C, в 2030 году будет потеряно 2,2% общего рабочего времени в мире. Потеря производительности эквивалентна 80 млн рабочих мест – в денежном выражении это составляет 2,4 трлн долл. США.

Однако развитие зеленой экономики в мире открывает и новые возможности. Если государства будут принимать меры для снижения парниковых выбросов, МОТ прогнозирует создание 24 млн «зеленых» рабочих мест к 2030 году. При этом будет утрачено примерно 6 млн рабочих мест. Но общий прирост составит 18 миллионов новых рабочих мест – в таких сферах, как переработка отходов, энергетика, транспорт, строительство, сельское и лесное хозяйство.

Климатический кризис и неравенство

Изменение климата – это не только проблема природы и экономики. Это и вопрос социальной справедливости.

Недавнее исследование Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) показало: бедные сельские домохозяйства теряют больше доходов, чем более обеспеченные. Разница составляет 5% из-за теплового стресса и 4,4% при наводнениях. При этом бедные семьи чаще всего не могут позволить себе технологии для адаптации к изменениям климата, что еще больше повышает их уязвимость.

Гендерное неравенство также усиливается в условиях климатического кризиса. По оценкам, повышение средней температуры на 1 °C может привести к снижению совокупного дохода женских домохозяйств на 34% по сравнению с мужскими. Это связано с тем, что женщины чаще работают в низкооплачиваемых секторах экономики, подверженных негативным климатическим воздействиям, таких как сельское хозяйство, ручной труд, малый бизнес и сектор услуг.

Женщины также недостаточно представлены в профессиях, играющих ключевую роль в переходе к зеленой экономике. Например, по оценкам ПРООН, в Казахстане доля женщин, занятых в секторе возобновляемых источников энергии, достигла 30%. Однако большинство занято в низкоквалифицированных должностях и практически не представлено на уровне управления. В качестве руководителя и технических позиций доля женщин составляет всего менее 20%.

Таким образом, климатические изменения имеют комплексный социально-экономический характер. Казахстан уже предпринимает шаги по адаптации к этим вызовам – в 2023 году была принята Стратегия достижения углеродной нейтральности до 2060 года. В числе среднесрочных целей – сокращение выбросов парниковых газов к 2030 году на 15 % по сравнению с уровнем 1990 года. При этом достижение данных целей невозможно без повышения инклюзивности и учета интересов всех социальных групп.

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