

Океан получает двойной удар: ученые выяснили, почему жара и закисление приходят вместе



Дата публикации: 25.08.2026

Океан может столкнуться сразу с двумя климатическими ударами: вода становится аномально теплой и одновременно более кислой. Новое исследование показало, что такое сочетание происходит значительно чаще, чем можно было бы объяснить простым совпадением. В низких и средних широтах совместные экстремальные события наблюдаются примерно в четыре раза чаще случайного ожидаемого уровня.

Морские волны тепла представляют собой продолжительные периоды необычно высокой температуры воды. Их последствия могут быть масштабными: обесцвечивание кораллов, миграция рыб, изменение распределения планктона и нарушения целых пищевых цепей. Закисление создает другую проблему. Океан поглощает углекислый газ из атмосферы, в воде происходят химические реакции, в результате которых снижается pH и меняется карбонатная система.

Особенно уязвимыми оказываются организмы, строящие раковины и скелеты из карбоната кальция. К ним относятся кораллы, моллюски и некоторые виды

планктона. Но последствия распространяются гораздо дальше, поскольку изменения на нижних уровнях пищевой сети способны затрагивать рыб, морских птиц и млекопитающих.

Когда жара и повышенная кислотность действуют одновременно, организму приходится справляться сразу с несколькими видами стресса. Высокая температура увеличивает потребность в энергии и может нарушать физиологические процессы, а изменение химического состава воды создает дополнительные трудности. Поэтому два умеренных воздействия вместе иногда оказываются опаснее каждого из них по отдельности.

Наглядным примером стала продолжительная аномалия 2013–2015 годов в северо-восточной части Тихого океана, известная как The Blob. Огромная масса необычно теплой воды сопровождалась изменениями химических характеристик океана. Последствия затронули рыболовство и множество животных: менялись ареалы видов, происходила массовая гибель морских птиц, фиксировались проблемы у морских млекопитающих.

Чтобы понять закономерности таких событий, исследователи проанализировали 43 года наблюдений, охватывающих период с 1982 по 2024 год. Они сопоставили температуру поверхности океана с показателями кислотности и искали периоды, когда оба параметра одновременно достигали экстремальных значений относительно обычных условий конкретного региона.

Оказалось, что особенно часто двойные экстремумы возникают в низких и средних широтах, где верхние слои океана устойчиво отделены от более глубоких вод. Такое вертикальное расслоение называется стратификацией. Во время морской волны тепла поверхностная вода дополнительно прогревается, перемешивание ослабевает, а химические процессы в изолированном верхнем слое могут способствовать одновременному усилению кислотности.

Но океан устроен сложнее простой формулы: теплее значит кислее. В восточной экваториальной части Тихого океана и некоторых полярных районах исследователи обнаружили противоположную картину. Здесь большую роль играет апвеллинг — подъем холодных глубинных вод к поверхности.

Глубинная вода часто содержит больше растворенного неорганического углерода и отличается повышенной кислотностью. Но во время тепловой волны на поверхности может сформироваться слой теплой воды, действующий подобно крышке. Он препятствует подъему глубинных вод, и поверхность временно оказывается менее кислой, чем можно было бы ожидать. Поэтому в таких районах морская жара и экстремальное закисление не всегда усиливают друг друга.

Эта особенность помогает объяснить и необычную роль Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Во время Эль-Ниньо теплая поверхностная вода подавляет привычный апвеллинг в экваториальной части Тихого океана. При Ла-Нинье подъем холодной глубинной воды усиливается, что способно повышать кислотность без одновременной экстремальной жары. Зато в соседних областях косвенные последствия этих процессов могут создавать условия для двойного удара.

Большинство обнаруженных совместных экстремальных событий оказались сравнительно ограниченными по пространству и времени. Около 73% занимали менее 500 тысяч квадратных километров, то есть территорию примерно размером с Испанию, и продолжались около месяца. Но отдельные аномалии способны существовать значительно дольше. The Blob, например, сохранялся более года.

Продолжительность имеет принципиальное значение. Многие морские организмы способны пережить краткий стресс, но месяцы аномальной температуры и измененной химии воды могут нарушить размножение, питание и развитие молоди. Если одновременно меняется численность нескольких связанных видов, последствия способны сохраняться даже после возвращения температуры к нормальным значениям.

Исследование показывает, почему прогнозировать будущее океана только по температуре недостаточно. Морские экосистемы одновременно испытывают воздействие нагрева, изменения кислотности, содержания кислорода, солености и циркуляции воды. Эти факторы взаимодействуют, причем иногда усиливают друг друга, а иногда действуют в противоположных направлениях.

По мере дальнейшего потепления особенно важным становится наблюдение именно за такими сочетаниями. Для кораллового рифа, рыболовного района или планктонного сообщества критическим может оказаться не отдельный температурный рекорд, а совпадение нескольких неблагоприятных условий. Океан меняется не одним параметром, и наиболее серьезные последствия могут возникать именно тогда, когда климатические экстремумы встречаются в одном месте и в одно время.

Ссылка: «Новейшая история экстремальных явлений закисления поверхностных слоев океана, усугубляющих морские волны тепла» DOI: [10.1029/2025av002112](https://doi.org/10.1029/2025av002112).