**Уровень кислорода в пресноводных водоемах снижается быстрее, чем в океанах**

Уровень кислорода в озерах и водохранилищах мира стремительно снижается. Это угрожает их биоразнообразию и качеству воды. К таким выводам пришли специалисты-лимнологи из разных стран, объединившись под эгидой глобальной сети лимнологических станций GLEON. Результаты исследования международного коллектива ученых, среди которых научный сотрудник географического факультета МГУ **Оксана Ерина**, опубликованы в журнале Nature.

Используя данные, начиная с 1941 года, исследователи проанализировали более 45 000 профилей растворенного кислорода и температуры почти 400 озер по всему миру. Большинство данных наблюдений собрано в умеренном поясе – от 23 до 66 градусов северной и южной широты. Единственным российским водоемом, включенным в исследование, стало Можайское водохранилище, которое в течение многих десятилетий изучается сотрудниками географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

В ходе изучения пресноводных водоемов и сопоставления мониторинговых данных ученые выяснили, что начиная с 1980 года уровень кислорода в водоемах умеренной зоны снизился на 5,5% на поверхности и на 18,6% в придонном слое воды. При этом в большой группе водоемов, в основном загрязненных питательными веществами, уровень кислорода на поверхности повысился, когда температура воды превысила нижнюю границу активного развития токсичных цианобактерий.

«Все процессы в водной среде зависят от кислорода. Это система поддержки водных пищевых сетей. И когда озеро начинает терять кислород, то это является одним из ключевых факторов исчезновения в нем различных видов, в том числе рыб. Озера и водохранилища теряют кислород в 2,7-9,3 раза быстрее, чем океаны. Такое снижение будет иметь последствия для всей экосистемы водоемов», — сказала к.г.н., научный сотрудник географического факультета МГУ **Оксана Ерина**.

Помимо биоразнообразия, концентрация растворенного кислорода в водных экосистемах влияет на выбросы парниковых газов, динамику биогенных веществ и, в конечном итоге, на здоровье человека. Несмотря на то, что озера и водохранилища составляют всего около трех процентов поверхности суши Земли, в них сосредоточена непропорционально большая часть биоразнообразия планеты. Происходящие изменения вызывают беспокойство, поскольку могут негативно сказаться на состоянии пресноводных экосистем.

Снижение концентрации кислорода в поверхностных горизонтах происходит в первую очередь в связи с увеличением температуры воды, что является следствием климатических изменений, происходящих на планете. Количество кислорода, которое может растворяться в воде, снижается при повышении температуры. Такая зависимость объясняет большую часть тенденции к снижению концентрации кислорода в поверхностных слоях воды.

Однако в некоторых водоемах ученые выявили одновременное повышение концентрации растворенного кислорода и рост температуры. Эти водные объекты, как правило, более загрязнены биогенными веществами и имеют высокую концентрацию хлорофилла. Хороший прогрев и повышенное содержание питательных веществ способствуют усилению цветения цианобактерий, фотосинтез которых вызывает перенасыщение поверхностных вод растворенным кислородом. Негативный аспект данного явления связан с токсинами, выделяемыми этими организмами, которые могут сделать воду невозможной для использования в питьевых целях.

В глубоководной зоне температура воды за многолетний период в основном стабильна. Здесь снижение концентрации кислорода происходит в связи с прогревом поверхностных вод и увеличением продолжительности теплового периода. Прогрев поверхностных вод в сочетании со стабильной температурой более глубоких слоев приводит к увеличению разницы в плотностях между этими слоями. Это усиливает такое явление как стратификация, или расслоение, водной толщи. Чем сильнее эта стратификация, тем меньше возможностей для перемешивания воды. В результате кислород с меньшей вероятностью будет поступать в придонные слои в теплый стратифицированный период, поскольку насыщение кислородом обычно происходит за счет процессов, происходящих в поверхностном слое воды. Таким образом, усиление стратификации приводит к истощению запасов кислорода в придонных слоях и формированию бескислородных зон и заморов рыб.

«Концентрация кислорода регулирует и многие другие характеристики качества воды. В бескислородных условиях начинают размножаться болезнетворные бактерии, в том числе те, которые производят парниковый газ метан. Это позволяет предположить, что в результате потери кислорода озера выбрасывают в атмосферу повышенное количество метана. Кроме того, при отсутствии кислорода происходит выход фосфора из донных отложений, усиливая нагрузку на водоемы, которые и так часто подвергаются многолетнему антропогенному загрязнению», — отметила Оксана Ерина.

Напомним, что в исследование проведено с использованием мониторинговых данных о состоянии воды почти 400 озер по всему миру. Среди них только один российский водоем – Можайское водохранилище. Несмотря на свои небольшие размеры, это один из немногих российских водоемов, где собраны многолетние данные о содержании растворенного кислорода, температуре и о других параметрах воды. Исследовательская группа географического факультета МГУ под руководством Оксаны Ериной, которая ведет работы на Можайском водохранилище, в ближайшие годы планируют еще более усовершенствовать программу мониторинга и повысить информативность собираемых данных.

*Статья «Widespread deoxygenation of temperate lakes» опубликована в журнале Nature 2 июня 2021 года,* [*https://www.nature.com/articles/s41586-021-03550-y*](https://www.nature.com/articles/s41586-021-03550-y)

ИЛЛЮСТРАЦИИ:

Fig1. Схема расположения водоемов, участвовавших в исследовании

Fig2. Тренды в многолетних изменениях растворенного кислорода и температуры воды: плотность распределения значений температуры воды (а), содержания растворенного кислорода (b) и процентного насыщения воды кислородом (с). Красным цветом изображены данные для поверхностного слоя, а синим – для придонного. Вертикальными линиями изображены медианные значения в трендах, черной линией показан нулевой тренд