

Айни ЛИНДПЕРЕ, Хенно СТАРАСТ,
Ану МИЛИУС, Хелле СИММ

РАСТВОРЕННЫЙ В ВОДЕ КИСЛОРОД КАК ИНДЕКС ТРОФИИ МАЛЫХ ОЗЕР

Aini LINDPERE, Henno STARAST, Anu MILIUS, Helle SIMM. LAHUSTUNUD HAPNIK
VÄIKEJÄRVEDE TROOFUSINDEKSINA

Aini LINDPERE, Henno STARAST, Anu MILIUS, Helle SIMM. DISSOLVED OXYGEN AS
A TROPHIC STATE INDEX OF SMALL LAKES

В период вегетации, когда процессы создания первичной продукции наиболее интенсивны, поверхностный слой водоемов обогащается кислородом. Чем более интенсивен фотосинтез, тем больше синтезируется кислород. Следовательно, в это же время концентрация кислорода в поверхностном слое водоемов должна бы являться функцией концентрации фитопланктона. Поскольку хлорофилл *a* в фитопланктоне достаточно точно отражает нагрузку водоемов биогенными элементами (Lund, 1970; Bachmann, Jones, 1974; Dillon, Rigler, 1975; Vollenweider, 1976 и др.), то показатели, тесно связанные с хлорофиллом, отражают уровень трофии водоемов.

Ранее нами (Стараст и др., 1983) предложена количественная оценка трофического статуса малых озер по шести параметрам: индексы хлорофилла (I_{chl}) (Walker, 1979; Милиус, 1983), биомассы фитопланктона (I_B) (Милиус, Кываск, 1984), общего фосфора (I_P) (Милиус, 1984а), прозрачности воды (I_{SD}) (Милиус, 1984б) и кислородного режима (I_O) (Walker, 1979; Линдпере, Стараст, 1983), (I_D) (Милиус и др., в печати).

В настоящей работе выяснено, что концентрация растворенного в поверхностном слое воды кислорода, а также насыщение этого слоя кислородом в начале летней термической стратификации являются параметрами, определяющими уровень трофии малых малоцветных стратифицированных озер.

Материал и методика

В течение трех лет (1981—1983) исследовано 36 разнотипных (мезотрофные, эвтрофные, гипертрофные) малых димиктических (зимой и летом устанавливается устойчивая термическая стратификация) озер Юго-Восточной Эстонии. Озера малоцветные, цветностью до 40° по бихроматкобальтовой шкале.

В пелагиали озера на глубине 0,5 м от поверхности определяли температуру и концентрацию растворенного в воде кислорода. Измерения проводили 2—3 раза в мае, в дневное время с интервалом от 2—3 дней

до недели. Наблюдения начинали с началом летней термической стратификации озер. В озерах Эстонии термическая стратификация образуется в большинстве случаев в мае, во время резкого увеличения температуры воздуха. Определения проводили переносным термооксиметром типа УТ-801, изготовленным в Тартуском государственном университете. В одновременно отобранных с одной и той же глубины пробах воды определяли содержание хлорофилла *a* в фитопланктоне. Данные (арифметические средние значения) обрабатывали методом регрессионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Во время наблюдения температура поверхностного слоя воды в обследованных озерах колебалась в пределах 8,5—20,3 °С. Градиент температуры в слое металимниального скачка достигал 1° на 1 м или превышал его. Концентрация растворенного в воде кислорода на глубине 0,5 м колебалась в пределах 9,1—20 мг О₂/л, в редких случаях была и выше. Наименьшее насыщение воды кислородом составляло 94, наибольшее превышало 200%. Хлорофилла *a* обнаружено 0,6—108 мг/м³.

Статистический анализ средних данных показал тесную корреляцию между концентрациями хлорофилла *a* и растворенного в воде кислорода, а также между содержанием хлорофилла *a* и насыщением воды кислородом. Соответственные коррелятивные связи выражаются следующими уравнениями:

$$\log chl = -3,939 + 4,44 \log O_2 \quad n=76, r=0,83, S=0,22$$

$$\log chl = -8,384 + 4,46 \log O_2\% \quad n=76, r=0,79, S=0,25.$$

Из приведенных уравнений следует, что чем больше содержание кислорода или насыщение поверхностного слоя воды кислородом, тем выше первичная продукция, а также трофность водоема, и наоборот. Необходимо отметить, что названная закономерность выявлялась весной (в мае) во время первой фазы развития фитопланктона. Содержание хлорофилла не было в тесной корреляции ни с концентрацией кислорода, ни с насыщением кислорода, по данным, собранным в июне и в июле. Известно, что концентрация растворенного в воде кислорода зависит от температуры и парциального давления, поэтому можно предположить, что более подходящее ее выражение — в процентах от насыщения. Однако, как видно, статистические показатели у приведенных уравнений — величины коэффициентов корреляции (*r*) и стандартные отклонения (*S*) — оказались самыми лучшими в случае связи между хлорофиллом и растворенным в воде кислородом.

Нами установлена тесная связь между весенней и средней концентрациями вегетационного периода хлорофилла *a*. По данным 1981—1983 гг. соответственный коэффициент корреляции оказался равным 0,93. Исходя из этого и из вышеприведенной закономерности, где $O_2 = f(chl)$ или $O_2\% = f(chl)$, выведен индекс трофии по концентрации кислорода в воде (I_{O_2}), а также индекс трофии по насыщению воды кислородом ($I_{O_2\%}$):

$$I_{O_2} = -105,59 + 145,3 \log O_2 \quad n=76, r=0,81, S=8,0$$

$$I_{O_2\%} = -268,96 + 154,5 \log O_2\% \quad n=76, r=0,81, S=8,1,$$

где O_2 — средняя концентрация кислорода на глубине 0,5 м мг О₂/л; $O_2\%$ — среднее насыщение воды кислородом.

Стандартные отклонения приведенных здесь индексов оказываются наибольшими по сравнению с соответствующими цифрами выведенных

нами заранее индексов трофии (I_{chl} , I_B , I_P , I_{SD} , I_O , I_D). Наименьшие значения индексов I_{O_2} и $I_{O_2\%}$ для обследованных озер Эстонии были соответственно 36 и 39, наибольшие были равными 86. Индексы трофии от 36 до 47 позволяют считать озеро мезотрофным, от 47 до 60 — эвтрофным и свыше 60 — гипертрофным. Эти условные переходные значения индексов были выведены с учетом трофического состояния обследованных озер и индекса трофии по хлорофиллу. Они вычислялись по уравнениям межиндексных связей:

$$I_{O_2} = 17,58 + 0,658 I_{chl} \quad r = 0,81, \quad S = 6,5$$

$$I_{O_2\%} = 17,65 + 0,657 I_{chl} \quad r = 0,81, \quad S = 6,5.$$

ЛИТЕРАТУРА

- Линдпере А., Стараст Х. Определение индекса трофии термически стратифицированных озер по кислороду. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1983, 32, 273—277.
- Милиус А. Определение трофического состояния малых фитопланктонных озер с применением индекса трофии по хлорофиллу *a* в фитопланктоне. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1983, 32, 288—291.
- Милиус А. Определение трофического состояния малых фитопланктонных озер при помощи индекса трофии прозрачности воды. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1984а, 33, 73—76.
- Милиус А. Определение трофического состояния малых озер с применением индекса трофии по фосфору. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1984б, 33, 144—147.
- Милиус А., Кываск В. Определение трофического состояния малых озер с применением индекса трофии по биомассе фитопланктона. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1984, 33, 148—150.
- Милиус А. Ю., Линдпере А. В., Стараст Х. А., Симм Х. А., Кываск В. О. Параметры трофии малых фитопланктонных озер. (В печати.)
- Стараст Х. А., Милиус А. Ю., Линдпере А. В., Симм Х. А. Диагноз трофического статуса малых пресных озер. — Антропогенное эвтрофирование природных вод. Тезисы докладов на III всесоюзном симпозиуме. Черноголовка, 1983, 211—213.
- Bachmann, R. W., Jones, J. R. Phosphorus inputs and algal blooms in lakes. — J. Res., 1974, 59, 155—160.
- Dillon, P. J., Rigler, F. H. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on a lake trophic status. — J. Fish. Res. Board Can., 1975, 32, 1519—1531.
- Lund, J. W. C. Primary production. — Water Treat., Exam., 1970, 19, 332—358.
- Vollenweider, R. A. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 1976, 33, 53—83.
- Walker, W. W. Use of hypolimnetic oxygen depletion rate as a trophic state index for lakes. — Water Res., 1979, 15, 1463—1470.

Институт зоологии и ботаники
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
30/X 1984