

Ану МИЛИУС, Ви́йве КЫВАСК

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ОЗЕР С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДЕКСА ТРОФИИ ПО БИОМАССЕ ФИТОПЛАНКТОНА

ANU MILIUS, VIIVE KÕVASK. VÄIKEJÄRVEDE TROOFSUSSEISUNDI MÄÄRAMINE  
 FÜTOPLANKTONI BIOMASSI TROOFSUSINDEKSI JÄRGI

ANU MILIUS, VIIVE KÕVASK. TROPHIC STATE DETERMINATION OF SMALL LAKES  
 WITH THE HELP OF THE PHYTOPLANKTON BIOMASS TROPHIC STATE INDEX

Фитопланктон — важное трофическое звено в экосистеме водоема. От характера и количества его зависит, в конечном счете, качество воды, состояние и продуктивность водоема. В современных лимнологических исследованиях пользуются содержанием хлорофилла *a* как мерой биомассы водорослей в природных водоемах.

Оценка трофического состояния озер основывается на тесной прямой зависимости между средними величинами общей биомассы фитопланктона и содержания в нем хлорофилла *a*. Для определения трофического статуса озер мы предлагаем пользоваться индексом трофии по биомассе фитопланктона. Нижеприведенная инструкция пригодна для определения статуса трофии озер по среднему содержанию биомассы фитопланктона вегетационного периода (на фитопланктонных малоцветных (цветность до 40° бихромат-кобальтовой шкалы) малых озерах. Статистические связи выведены по 198 определениям общей биомассы водорослей в 61 малом фитопланктонном малоцветном озере Эстонии с разным уровнем трофии (мезо-, эв- и гипертрофные) в вегетационные периоды 1978, 1979, 1981 гг. Данные (средние значения вегетационного периода) обрабатывали методом регрессионного анализа.

Биомасса фитопланктона в исследованных водоемах колеблется в довольно больших пределах: от 0,1 до 70 г/м<sup>3</sup>. Минимальные значения биомассы (в среднем ниже 1 г/м<sup>3</sup>) получены в эвтрофированных олиготрофных озерах. В мезотрофных озерах значения биомассы достигают 3 г/м<sup>3</sup>. Значительно выше средняя биомасса эвтрофных озер — от 2 до 7. Количество фитопланктона наибольшее в гипертрофных водоемах — в среднем 24 г/м<sup>3</sup>.

Пробы воды для определения общей биомассы водорослей отбирают в глубоководной части озера на глубине 1 м при помощи батометра два раза в месяц (с интервалом в две недели) с начала мая до сентября. При отборе проб реже (например, один раз в месяц) исследования следует продолжать в течение трех лет. Пробы объемом 0,5 л фиксируют добавлением формалина и концентрируют общепринятым осадочным способом с последующим отцеживанием до 10 мл. Количественные пробы подсчи-

тывают, например, в камере Горяева. Биомасса фитопланктона определяется общепринятым расчетным способом. При расчете биомассы за основу приняты размеры видов в исследованных озерах.

В изученных нами озерах связь между общей биомассой фитопланктона и содержанием в нем хлорофилла *a* описывается следующим регрессионным уравнением:

$$\log B = 1,1946 \log chl - 0,875 \quad (r=0,88; S=0,24), \quad (1)$$

где *B* — биомасса фитопланктона, г/м<sup>3</sup>; chl — содержание хлорофилла, мг/м<sup>3</sup>. Исходя из этой статистической связи между биомассой фитопланктона и содержанием в нем хлорофилла выведен индекс трофии по общей биомассе фитопланктона (*I<sub>B</sub>*)

$$I_B = 46,29 + 21,47 \log B \quad (r=0,88; S=5,9). \quad (2)$$

Индекс трофии равен нулю при содержании общей биомассы 0,007 г/м<sup>3</sup> и ста при биомассе 314 г/м<sup>3</sup>. По данным отдельных определений содержания биомассы фитопланктона вычисляют исходные индексы, аномальность результатов оценивают по Государственному стандарту Союза ССР (Правила..., 1973). Точность индекса трофии оценивают по стандартному отклонению, которое, в свою очередь, вычисляют общепринятым в статистике способом (Рокицкий, 1967; Большев, Смирнов, 1968). На основании исходных индексов вычисляют их среднее арифметическое, которое выписывают со стандартным отклонением в виде двух значащих цифр, последнюю цифру округляют.

Установлено, что стандартное отклонение индекса биомассы фитопланктона, вычисленное на основании всего материала, составляет *S*=7,85 и колеблется, по данным разных лет, весьма мало (7,45—8,4). Определение биомассы фитопланктона в течение трех лет позволило вычислить арифметическое среднее индекса за эти годы для каждого озера отдельно. Последующее вычисление стандартного отклонения проводят общепринятым способом. Стандартное отклонение, вычисленное нами на основании средних значений трехлетних наблюдений, составляет *S*=5,9.

Средние значения индекса биомассы для обследованных озер Эстонии колеблются от 34 до 71. Индекс трофии ниже 31 балла позволяет считать озеро олиготрофным, ниже 47 — мезотрофным и ниже 62 — эвтрофным. Эти условные переходные значения индекса биомассы фитопланктона были выведены с учетом трофического состояния обследованных озер и индекса трофии по хлорофиллу (Милнус, 1983) с использованием уравнения межиндексной связи

$$I_B = 12,04 + 0,7725 I_{chl} \quad (r=0,88; S=5,2). \quad (3)$$

**Пример.** Вычисление индекса трофии по биомассе фитопланктона. Данные о содержании общей биомассы (*B*, г/м<sup>3</sup>) в течение вегетационного периода в одном озере

$$B: 7,5; 3,5; 5,2; 4,2; 23,0; 19,4; 4,2.$$

По этим данным вычисляют значения исходного индекса (*I<sub>i</sub>*), используя уравнение (1)

$$I_i: 65,1; 58,0; 61,7; 59,7; 75,5; 73,9; 59,7.$$

**Оценка аномальности значений исходного индекса.** Для получения упорядоченной выборки исходных индексов подсчитывают выборочное среднее ( $\bar{I}=64,8$ ) и выборочное стандартное отклонения

$$S = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2 \right\}^{1/2} = \sqrt{\frac{310}{6}} = 7,19,$$

где *n* — количество измерений.

Чтобы определить принадлежность  $I_7$  (наибольшее отклонение от среднего) к данной нормальной совокупности и принять решение об исключении или оставлении  $I_7$  в составе выборки, находят отношение

$$U = \frac{I_7 - \bar{I}}{S} = \frac{75,5 - 64,8}{7,19} = 1,53.$$

Результат сравнивают с величиной  $\alpha = 2,02$  (Правила..., 1973; табл. 1) при объеме выборки  $n = 7$ . Если  $U \geq 2,02$ , то  $I_7$  аномален и его следует исключить. В данном случае результат нормален. Вычисляют среднее арифметическое исходных индексов

$$I_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i = \frac{453,6}{7} = 64,8.$$

Таким образом, индекс трофии по биомассе для данного озера  $I_B = 65 \pm 7,9$ , значит озеро можно считать гипертрофным.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М., 1968.  
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.  
Правила оценки аномальности результатов наблюдений. ГОСТ 11. 002-73. М., 1973.  
Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1967.

Институт зоологии и ботаники  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
14/X 1983