

Ану МИЛИУС

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
МАЛЫХ ФИТОПЛАНКТОННЫХ ОЗЕР
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНДЕКСА ТРОФИИ ПО ХЛОРОФИЛЛУ *a*
В ФИТОПЛАНКТОНЕ

ANU MILIUS. FÜTOPLANKTOONSETE VÄIKEJÄRVEDE TROOFSUSSEISUNDI MÄÄRAMINE
FÜTOPLANKTONI KLOROFÜLL A TROOFSUSINDEKSI JÄRGIANU MILIUS. DETERMINATION OF THE TROPHIC STATE OF SMALL PHYTOPLANKTON
LAKES WITH CHLOROPHYLL A TROPHIC STATE INDEX

В современных лимнологических исследованиях особое значение имеет определение такого важнейшего биологического показателя, как концентрация хлорофилла *a* в фитопланктоне. Данные о концентрации хлорофилла широко используются при оценке биомассы фитопланктона, а также в качестве показателя продукции фотосинтеза; такое применение основывается на тесной корреляции между этими показателями (Brylinsky, Mann, 1973; Munawar, Burns, 1976; Keskitalo, 1977; Tolstoy, 1977, 1979; El-Shaarawi, Munawar, 1978; Spodniewska, 1979; Трифонова, 1979; Desortova, 1981 и др.). Тесная корреляция ($r=0,86$) между содержанием хлорофилла и биомассой фитопланктона установлена и для малых озер Эстонии (Милиус, Кываск, 1982). Важными пигментами при фотосинтезе являются хлорофиллы, в первую очередь хлорофилл *a*, который считается единственным активным пигментом фотосинтеза. Хлорофилл *a* аккумулирует энергию и переносит ее в фотохимические реакции. Другие хлорофиллы (*b*, *c*) и β -каротин — т. н. акцессорные пигменты — передают почти всю поглощенную световую энергию хлорофиллу *a*. Другая их функция заключается в защите хлоропластов от слишком интенсивного излучения света.

Являясь первым звеном трофической цепи, водоросли наиболее быстро реагируют на изменение среды в озерных экосистемах, поэтому для определения трофического состояния водоемов используются данные о концентрации хлорофилла *a* в фитопланктоне, поскольку он достаточно точно отражает нагрузку водоемов биогенными элементами (Lund, 1970; Bachmann, Jones, 1974; Dillon, Rigler, 1975; Vollenweider, 1976 и др.). Тесная корреляция ($r=0,86$) между средними величинами хлорофилла *a* и концентрацией общего фосфора найдена и для малых озер Эстонии (Симм и др., 1983). Установлена также тесная связь между концентрацией фосфора в воде весной и средним содержанием хлорофилла *a* во время вегетационного периода (Милиус, в печати). Определение содержания хлорофилла в планктоне должно войти в число важнейших и обязательных определений при мониторинге природных вод (Винберг, 1981).

Для определения трофического статуса озер мы предлагаем пользоваться индексом трофии по концентрации хлорофилла *a*, выведенным У. У. Уолкером (Walker, 1979). Нижеприведенная инструкция пригодна для определения трофического статуса озер по среднему содержанию хлорофилла *a* вегетационного периода в фитопланктонных малоцветных (цветность до 40° по бихромат-кобальтовой шкале) малых озерах. Эта инструкция апробирована на 63 малоцветных фитопланктонных озерах Эстонии с разным уровнем трофии (мезотрофных, эвтрофных и гипертрофных) в течение вегетационных сезонов 1978—1982 гг. Содержание хлорофилла *a* было определено приблизительно в 500 пробах воды.

От уровня трофии обследованных озер зависит содержание хлорофилла *a* в планктоне. Его концентрация в поверхностных водах обычно колеблется в больших пределах — от 0,6 до 280 мг/м³, а средняя концентрация хлорофилла вегетационного периода в озерах разных типов составляет: в эвтрофированных олиготрофных и мезотрофных 2—7, в эвтрофных 7—32 и в гипертрофных >32 мг/м³. Содержание хлорофилла *a* подвержено значительным сезонным колебаниям, поскольку оно зависит от развития водорослей, обусловленного целым комплексом факторов, в первую очередь обеспеченностью биогенными элементами.

Отбор проб и лабораторные анализы. Пробы воды на анализ содержания хлорофилла 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. Концентрацию хлорофилла (поправка на феопигменты) определяют спектрофотометрически в метаноловом экстракте (Talling, 1969), а концентрацию последнего рассчитывают по формуле А. Ф. Х. Маркера (Marker, 1972).

Индекс трофии по содержанию хлорофилла вычисляется по формуле (Walker, 1979)

$$I_{chl} = 20,0 + 33,2 \log chl,$$

где I_{chl} — индекс трофии по содержанию хлорофилла, chl — содержание хлорофилла, мг/м³. Индекс трофии равен нулю при концентрации хлорофилла 0,25 мг/м³ и равен ста при концентрации хлорофилла 256 мг/м³.

По данным отдельных определений концентрации хлорофилла вычисляют исходные индексы. Точность индекса трофии оценивают по стандартному отклонению. Стандартное отклонение индекса вычисляют общепринятыми в статистике способами (Рокицкий, 1967; Большев, Смирнов, 1968). На основании исходных индексов вычисляют их арифметическое среднее, которое выписывают со стандартным отклонением, в виде двух значащих цифр, последнюю цифру округляют.

Установлено, что стандартное отклонение индекса по хлорофиллу, вычисленное для всего материала, составляет $S = 7,3$, но оно колеблется от 6,3 до 8,1 при анализе материала разных лет. Если наблюдения на озерах ведут в течение трех лет, то вычисляют арифметический средний индекс за несколько лет для каждого озера отдельно:

$$I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{chl},$$

где n — количество лет, затраченных на наблюдения. Последующее вычисление стандартного отклонения проводится по общепринятому

способу. Стандартное отклонение, вычисленное нами на основании средних значений трехлетних наблюдений, составляет $S=4,6$.

Средние значения индекса трофии по хлорофиллу для обследованных озер Эстонии колеблются от 28 до 81. Эти предельные значения индекса следует считать условными, так как по мере изменений трофического состояния озер изменяются и значения индекса. До индекса трофии в 25 баллов озеро можно считать олиготрофным, до 45 баллов — мезотрофным и до 65 баллов — эвтрофным. Эти условные переходные значения индекса по хлорофиллу были выведены с учетом трофического состояния обследованных озер, а также результатов, полученных У. У. Уолкером (Walker, 1979) при сочетании трофии озер в баллах индексов с терминами уровней трофии озер.

Пример. Вычисление индекса трофии по хлорофиллу. Данные о содержании хлорофилла (*chl*, мг/м³) в течение вегетационного периода в одном исследованном озере:

chl: 125,0; 78,1; 21,4; 28,1; 9,6; 33,7; 13,1; 10,7.

По данным концентрации хлорофилла вычисляют исходные индексы трофии (I_i) в вышеприведенном уравнении

I_i : 89,6; 82,8; 64,2; 68,1; 52,6; 70,7; 57,1; 54,2.

На основании исходных индексов вычисляют их арифметическое среднее

$$I_{chl} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i = \frac{539,3}{8} = 67,4.$$

Индекс трофии по хлорофиллу для данного озера $I_{chl}=67 \pm 7$. Значит, озеро можно считать гипертрофным.

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г. Успехи лимнологии и гидробиологические методы контроля качества внутренних вод. — В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л., 1981, 16—45.
- Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М., 1968.
- Милиус А. Простой метод предсказания содержания хлорофилла. (В печати).
- Милиус А., Кываск В. Связь между прозрачностью воды и фитопланктоном в малых озерах Эстонии. — В кн.: Проблемы современной экологии. Тезисы II республиканской экологической конференции. Тарту, 1982, 100.
- Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1967.
- Симм Х. А., Милиус А. Ю., Линдпере А. В., Стараст Х. А. Основные показатели антропогенного эвтрофирования малых озер. (В печати).
- Трифорова М. С. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л., 1979.
- Bachmann, R. W., Jones, J. R. Phosphorus inputs and algal blooms in lakes. — Iowa State J. Res., 1974, 49, 155—160.
- Brylinsky, M., Mann, K. H. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. — Limnol. Oceanogr., 1973, 18, 1—14.
- Desortova, B. Relationship between chlorophyll *a* concentration and phytoplankton biomass in several reservoirs in Czechoslovakia. — Intern. Rev. Gesam. Hydrobiol., 1981, 66, 153—169.
- 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.
- El-Shaarawi, A., Munawar, M. Statistical evaluation of the relationships between phytoplankton biomass, chlorophyll *a*, and primary production in Lake Superior. — J. Great Lakes Res., 1978, 4, 443—455.
- Keskitalo, J. The species composition and biomass of phytoplankton in the eutrophic Lake Lovojärvi, Southern Finland. — Ann. Bot. Fennici, 1977, 14, 71—81.
- Lund, J. W. G. Primary production. — Water Treat. Exam., 1970, 19, 332—358.
- Marker, A. F. H. The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. — Freshwat. Biol., 1972, 2, 361—385.
- Munawar, M., Burns, N. M. Relationships of phytoplankton biomass with soluble

nutrients, primary production, and chlorophyll *a* in Lake Erie, 1970. — J. Fish. Res. Board Can., 1976, 33, 601—611.

Spodniewska, J. Phytoplankton as the indicator of lake eutrophication. II Summer situation in 25 Masurian lakes in 1976. — Ekol. pol., 1979, 27, 481—496.

Talling, J. E. Sampling techniques and methods for estimating quantity of biomass: general outline of spectrophotometric methods. — In: IBP Handbook, 12, Oxford, 1969, 22—24.

Tolstoy, A. Chlorophyll *a* as a measure of phytoplankton biomass. — Acta Univ. Upsaliensis, 1977, 416.

Tolstoy, A. Chlorophyll *a* in relation to phytoplankton volume in some Swedish lakes. — Arch. Hydrobiol., 1979, 85, 133—151.

Vollenweider, R. A. Advance 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
25/IV 1983

ÜLEVAATEID

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA LOODUSKAITSE KOMISJONI

XXII laiendatud pleenum teemal «Taimeriigi kaitsest Eesti NSV-s» peeti k. a. 25. veebruaril Tartu Riikliku Ülikooli aulas.

Pleenumi, millest võttis osa 130 isikut 41 asutusest, avas Looduskaitse Komisjoni esimees bioloogiadoktor E. Kumari. Kuulati 11 ettekannet. Zooloogia ja Botaanika Instituudi sektorijuhataja prof. L. Laasimeri teemaks oli taimeriik ja inimene. Taimeriigi kaitsest meie seadusandluses rääkisid H. Kuulpak ja H. Alton (Metsamajanduse ja Looduskaitse Ministeerium). Bioloogiakandidaat Ü. Kukk (Metsainstituut) andis ülevaate taimeliikide kaitsest Eesti NSV-s, dotsent A. Kalda (Metsainstituut) koostuste kaitsest ning M. Reitalu (Viidumäe Riiklik Looduskaitseala) taimharulduste kaitsest Viidumäel. Bioloogiakandidaat H.-E. Rebassoo (Tallinna Botaanikaead) käsitles meie saarte ja rannikute taimkatte

kaitse ja kasutamise printsiipe, prof. V. Masing (TRÜ) taimkatte mitmekesisuse säilitamise võimalusi kultuurmaastikus ja prof. L. Reintam (EPA) taimkatte ja mulla vastastikust sõltuvust ja keskkonnakaitset. Aime Mäemets (ZBI) kõneles haruldaste ja ohustatud veetaimede olukorrast Eesti järvedes. R. Männi (Metsakorralduskeskus), U. Pihlik ja Ü. Reier (ZBI) olid koostanud ühise ettekande metsamarjade ja ravimtaimede kaitsest. Seenevarude uurimise ja kaitse olukorda analüüsis bioloogiadoktor K. Kalamees (ZBI).

Ettekannetele järgnes arvukalt sõnavõtte (H. Trass, H. Kuulpak, O. Renno, V. Polonski jt.). Võeti vastu resolutsioon. Pleenumil kuulutati ettekanded avaldatakse kogumikuna.

Vaike HANG