

УДК 556.552.(282.247.211)

Е. В. Теканова, Т. М. Тимакова

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА ПО ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА

На основании многолетних данных о первичной продукции фитопланктона Онежского озера показано ее распределение на акватории водоема и дана современная оценка его трофического статуса.

Ключевые слова: первичная продукция, евтрофирование, экосистема, трофический статус, фосфор, трофогенный слой.

Онежское озеро — исторически олиготрофный водоем, является вторым по величине в Европе, крупнейший резервуар пресной воды высокого качества ($S = 9943 \text{ км}^2$, $V = 291 \text{ км}^3$, средняя глубина 30 м, максимальная — 120 м). Озеро характеризуется выраженной неоднородностью, обусловленной не только размерами, но и геологией котловины, неравномерным распределением приточности, различной степенью антропогенной нагрузки. Ведущим пользователем водных ресурсов озера является промышленность (целлюлозно-бумажная, переработка леса, машиностроение, металлообработка, производство строительных материалов), сосредоточенная в четырех наиболее крупных городах побережья, расположенных в северо-западном глубоководном районе озера. Поступление загрязненных вод от промцентров непосредственно в озеро выступает мощным фактором, способствующим развитию антропогенного евтрофирования в отдельных заливах водоема. Первичные признаки распространения этого процесса в центральную часть озера обусловили необходимость изучения одного из основных критериев состояния экосистемы — первичной продукции (ПП) как биологического параметра, используемого для ранней диагностики изменений в экосистеме.

Целью настоящей работы явилось определение современного трофического статуса экосистемы Онежского озера по данным ПП фитопланктона. Исследования проводились в летний период 1994—2005 гг. Работа выполнена скляночным методом в радиоуглеродной модификации.

Для водоема выявлен вертикальный профиль фотосинтеза, типичный для северных и средних широт. Так, фотосинтез регистрируется до глубины двойной прозрачности воды, но его максимальная скорость отмечается только в поверхностном полуметровом слое ($A_{\text{пов.}}$). На границе одной про-

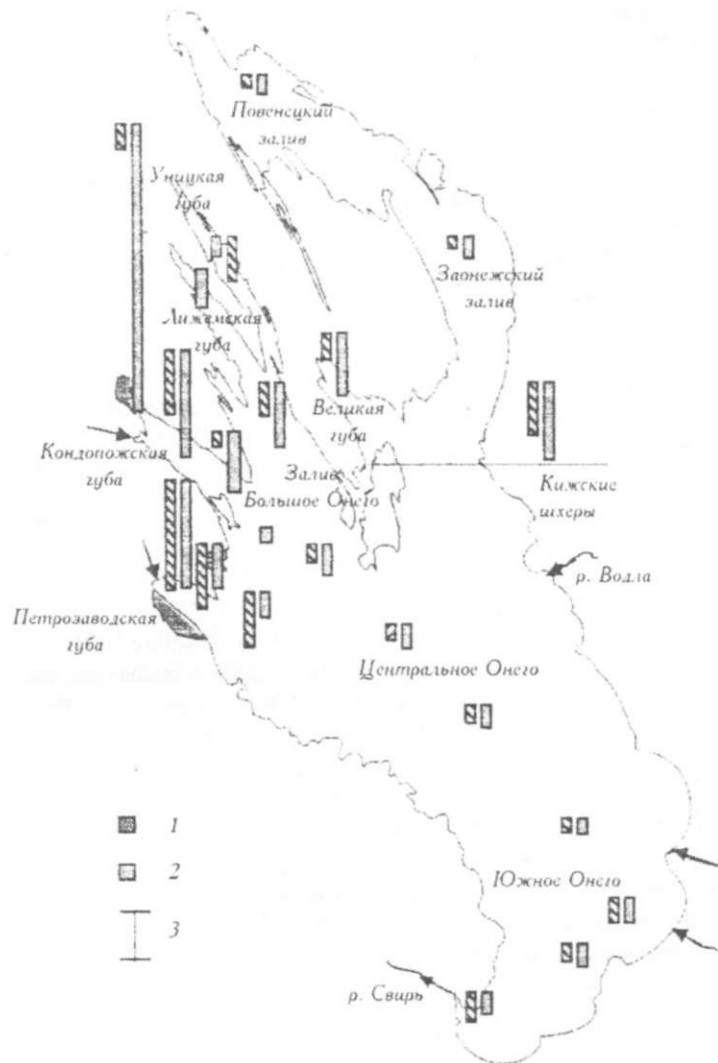
© Теканова Е. В., Тимакова Т. М., 2007

зрачности водоросли испытывают световое голодание до 60—80% от $A_{\text{пов.}}$. Скорость ПП в олиготрофных условиях озера лимитирована фосфором ($r = 0,87$). На его преобладающей акватории (Центральное, Южное Онего) на фоне концентраций $P_{\text{общ.}}$ 10—12 мкг·л⁻¹ [3] $A_{\text{пов.}}$ не превышает 14,1—40,6 (24,8±2,0) мг С·м⁻³·сут⁻¹ (рис. 1). Интегральная ПП (ΣA) находится в пределах от 50,8 до 137,7 (90,8±7,3) мг С·м⁻³·сут⁻¹. В литоральной зоне повышенными величинами ПП характеризуются лишь участки около населенных пунктов и приустьевые районы крупных рек, особенно самого большого притока озера р. Водла, с водами которого в водоем поступает четвертая часть $P_{\text{общ.}}$ от выноса со всеми притоками. Первичная продукция достигает здесь величин, характерной для водоемов мезотрофного уровня.

Более сложным является пространственное распределение ПП в заливах и островных участках северо-западной глубоководной части озера. Некоторые из них (Уницкая и Горская губы, Повенецкий залив) характеризуются схожими с открытым плесом величинами. Другие губы (Лижемская и Великая), где в последние годы развиваются рыболовные хозяйства, и мелководный участок Кижские шхеры, характеризующийся исторически более высокой продуктивностью, отличаются достоверно более высокими значениями ПП по сравнению с центральным плесом ($t = 2,9$, $n = 15$), не выходящими, однако, за пределы олиготрофного уровня (см. рис. 1).

Антропогенно евтрофированными участками озера являются два северо-западных залива. Кондопожская губа испытывает влияние промышленных вод ЦБК и коммунально-бытовых вод г. Кондопога (35 тыс. человек). Петрозаводская губа находится под сильным воздействием коммунально-бытовых вод г. Петрозаводск (270 тыс. человек) и стока р. Шуя, дренирующей сельскохозяйственные угодья. В Кондопожской губе антропогенное евтрофирование получило ускорение после введения на ЦБК в 1980 г. биологической очистки сточных вод. В залив ежегодно выносятся 14—61 т $P_{\text{общ.}}$, его среднелетние концентрации в воде варьируют от 18 до 40 мкг·л⁻¹ [3]. Среднегоголетние величины $A_{\text{пов.}}$ достигают 289,7±43,0 в вершинной части и 106,2±22,2 мг С·м⁻³·сут⁻¹ в центральном глубоководном районе губы. Интегральная ПП составляет 481,5±122,5 и 201,6±42,4 мг С·м⁻²·сут⁻¹ соответственно. Активному распространению евтрофирования за пределы губы препятствуют ее морфометрические особенности (вытянутая форма, впадина в центре 82 м) и замедленный водообмен. Тем не менее, эпизодический вынос евтрофированных вод Кондопожской губы ветровыми течениями в сопредельный глубоководный залив Большое Онего обусловил повышение здесь величин ПП (см. рис. 1). При отсутствии источника биогенного загрязнения последние достоверно отличаются от открытого плеса ($A_{\text{пов.}} = 58,3±12,3$ мг С·м⁻²·сут⁻¹, $\Sigma A = 152,0±14,4$ мг С·м⁻²·сут⁻¹, $t = 2,8$, $n = 22$). В Петрозаводской губе нагрузка $P_{\text{общ.}}$ на экосистему составляет 2,70 г·м⁻²·год⁻¹, среднелетняя концентрация в воде достигает 15—17 мкг·л⁻¹ [3]. Евтрофирование развивается здесь не так быстро вследствие более активного, чем в Кондопожской губе, водообмена с открытым плесом озера ($A_{\text{пов.}} = 110,1±29,8$ мг С·м⁻²·сут⁻¹, $\Sigma A = 165,1±40,1$ мг С·м⁻²·сут⁻¹ (см. рис. 1)).

На акватории водоема одновременно проявляются разные фазы сезонного развития ПП. Для губ характерны два подъема (май — начало июня и



1. Средний уровень первичной продукции фитопланктона Онежского озера: 1 — 1962—1979 гг. [2, 4—6]; 2 — 1994—2005 гг.; 3 — $50 \text{ мг C} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$.

июль — начало августа). В пелагических участках проявляется один летний максимум (июль — начало августа), что отмечается и в других крупных холодноводных водоемах (озера Ладожское [1], Онтарио и Гурон [7]). Годовая продукция на основной акватории Онежского озера составляет $9,7\text{—}13,1 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2}$, в Петрозаводской и Кондопожской губах — соответственно $20,9\text{—}42,3$ и $26,5\text{—}109,1 \text{ г C} \cdot \text{м}^{-2}$.

Таким образом, экосистема Онежского озера в целом сохранила природный олиготрофный статус, чему способствуют огромный объем водных масс и длительный период низких температур. Процесс эвтрофирования имеет локальный характер и ограничивается Кондопожской и Петрозавод-

ской губами, являющимися в настоящее время мезотрофными экосистемами. Этому способствует их относительная изолированность от открытого плеса озера.

**

Показано рівень та динаміку первинної продукції фітопланктону у лімнічно неоднорідній екосистемі Онезького озера. Обговорюються причини збільшення первинної продукції на окремих ділянках озера. Виявлено тенденцію до поширення евтрофування на акваторії водойми. Визначено сучасний трофічний статус озера.

**

The phytoplankton primary production level and dynamics in limnetic heterogenic Onego Lake ecosystem are shown. The causes of primary production increasing in the some parts of the lake are discussed. The trends toward spreading of eutrophication over the water body area are established. The recent trophic status of the lake is determined.

**

1. Петрова Н.А., Антонов С.Е., Протопопова Е.В. Структурные и функциональные характеристики фитопланктона // Ладожское озеро — критерии состояния экосистемы. — СПб.: Наука, 1992. — С. 119—145.
2. Романенко В.И. Микробиологическое обследование Онежского озера, Выгозерского водохранилища и озер Беломоро-Балтийского канала // Микробиология. — 1965. — 34, вып. 2. — С. 350—356.
3. Сабьлина А.В. Современный гидрохимический режим озера // Онежское озеро. Экологические проблемы. — Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 1999. — С. 58—109.
4. Сорокин Ю.И., Федоров К.В. Первичная продукция и деструкция в Онежском озере // Предварительные результаты работ комплексной экспедиции по исследованию Онежского озера. — Петрозаводск: Карельское книжное изд-во, 1969. — Вып. 3. — С. 29—33.
5. Трифонова И.С., Ульянова Д.С., Чеботарев Г.Н. Первичная продукция, содержание хлорофилла и органическое вещество сестона в Онежском озере летом 1977 года // Гидробиол. журн. — 1982. — 18, № 5. — С. 106—109.
6. Умнова Л.П. Первичная продукция фитопланктона, содержание хлорофилла «а» и сестона в воде залива Большое Онего Онежского озера // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. — Л.: ЗИН АН СССР, 1982. — С. 81—93.
7. Vollenweider R.A., Munavar M., Stadelmann P. A comparative review of phytoplankton and primary production in the Laurentian Great Lakes // J. Fish. Res. Board Canada, 1974. — 31, N 5. — P. 739—762.

Карельский Научный Центр РАН
Институт водных проблем Севера, Петрозаводск

Поступила 30.01.07