

УДК 582.26 (476)

**В.М. САМОЙЛЕНКО<sup>1</sup>, А.А. СВИРИД<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский госуниверситет,  
пр-т Независимости, 4, 220050 Минск, Беларусь  
e-mail: versam@tut.by

<sup>2</sup>Белорусский гос. педуниверситет им. М. Танка,  
ул. Советская, 18, 220050 Минск, Беларусь  
e-mail: sviridanna.61@mail.ru

## **МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ**

Представлены результаты многолетних исследований фитопланктона водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. Выделены этапы развития сообщества водорослей планктона, обусловленные различными антропогенными и природными факторами. Показаны изменения структуры и количественных характеристик, свидетельствующие об интенсификации процесса эвтрофирования.

**К л ю ч е в ы е с л о в а :** фитопланктон, численность, биомасса, водоем-охладитель.

### **Введение**

Экосистема оз. Лукомское последние 45 лет находится в условиях интенсивного антропогенного воздействия, основными факторами которого являются сброс подогретой воды с охладительных установок ТЭС, дополнительное поступление биогенных элементов с комбикормами садкового комплекса, расположенного в сбросном канале ТЭС и др. Существенное воздействие на функционирование экосистемы оказало вселение и развитие моллюска-фильтратора *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Целью исследования является оценка изменений фитопланктона в условиях интенсивного и разнопланового воздействия на водоем антропогенных и природных факторов.

В качестве водоема-охладителя ТЭС оз. Лукомское используется с 1971 г. Мощность станции 2444,5 МВт. Влияние подогрева распространяется на северную, прилегающую к сбросу, часть водоема. Особенности строения котловины способствуют интенсивному ветровому перемешиванию водных масс как по вертикали, так и по акватории. В период открытой воды преобладает гомотермия, относительно устойчивое понижение температуры к придонным горизонтам отмечается крайне редко – в периоды длительного штиля. Распространение и мощность зоны подогрева непостоянны и также зависят от направления и силы ветра. Зона с естественным температурным режимом может достигать 90 % водной массы и дна озера. Согласно расчетам, среднегодовая температура воды в результате функционирования озера в качестве водоема-охладителя возросла в среднем на 1,4 °С, что является одной из причин усиления продукционных процессов в экосистеме (Экосистема ..., 2008).

### **Материалы и методы**

Фитопланктон озера изучали с 30-х годов прошлого столетия, авторами статьи – с 1973<sup>1</sup> и 2005<sup>2</sup> гг., соответственно. Исследования проводили в период летнего максимума, в отдельные годы – в разные сезоны. Пробы отбирали батометром

© В.М. Самойленко, А.А. Свирид, 2014

Молчанова с разных горизонтов на двух постоянных точках, имеющих одинаковую глубину и расположенных в зоне с подогревом и естественным температурным режимом. Для концентрации проб применяли осадочный метод (Кузьмин, 1975). Пробы фиксировали раствором Утермля с последующим добавлением формалина. Численность клеток подсчитывали в камере Фукс-Розенталя. Биомассу рассчитывали методом геометрического подобия (Методические ..., 1981; Руководство ..., 1983).

### Результаты и обсуждение

Согласно результатам первых исследований фитопланктона в 30-е годы (период слабого антропогенного воздействия), озеро характеризовалось как эвтрофное (Акимова, 1936, 1940). В отдельные годы наблюдалось «цветение» воды цианопрокариотами. Летняя численность сообщества колебалась в пределах 23,5–43,2 млн экз./л, биомасса достигала 10–11 г/м<sup>3</sup>. Основу фитопланктона, наряду с цианопрокариотами, составляли планктонные диатомеи *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen, *Asterionella formosa* Hassall., *Fragilaria crotonensis* Kitt. и динофлагеллята *Ceratium hirundinella* (O.F. Müll.) Bergh.

В первые годы функционирования ТЭС сброс подогретой воды не оказывал заметного влияния на состояние сообщества водорослей (рис. 1, 2). За несколько лет до пуска электростанции в водоем вселилась *Dreissena polymorpha*, популяция которой достигла максимального развития к середине 1970-х годов. Благодаря высокой фильтрационной способности *D. polymorpha* в течение нескольких лет в водоеме наблюдался процесс деэвтрофирования (Ляхнович и др., 1983; Каратаев, 1990; Вежновец, Самойленко, 1995). На протяжении всего вегетационного сезона преобладали *Bacillariophyta*, их средневегетационная биомасса составляла 63 % общего показателя. *Cyanoprokaryota* развивались слабо, даже летом их численность составляла 0,01–3,21 млн кл./л, биомасса – 0,02–0,48 г/м<sup>3</sup>. Пирофитовые водоросли, объединяющие криптофитовые и динофитовые (по старой систематике), имея невысокую численность (0,04–1,36 млн кл./л), формировали в среднем 17 % общей биомассы. «Цветение» воды не отмечалось. Суммарная летняя численность и биомасса фитопланктона были невысокими (2,03–7 млн кл./л и 1,44–5,35 г/м<sup>3</sup> соответственно), за исключением 1979 г., когда в августе была отмечена вспышка диатомей *Asterionella formosa* и *Fragilaria crotonensis*. Трофический статус соответствовал озерам мезотрофного типа (Якушко и др., 1976; Михеева и др., 1985). В дальнейшем наблюдалась четкая зависимость развития последних двух видов от температурного фактора (Самойленко, Свирид, 2011).

В начале 1980-х гг. популяция *Dreissena polymorpha* достигла максимального развития и стабилизировалась на более низком уровне, что привело к снижению интенсивности фильтрации взвеси и, соответственно, усилению вегетации водорослей. *Dreissena polymorpha* перестает играть роль основного фактора, сдерживающего эвтрофирование водоема. Еще более усугубил ситуацию ввод в эксплуатацию в 1989 г. садкового комплекса по выращиванию промысловой рыбы, который явился мощным дополнительным источником биогенных элементов.

Летний максимум обилия часто определяли *Cyanoprokaryota*. Если в 1970-е годы они составляли в среднем 21 % общей численности и 3 % биомассы, то в 1980–1990-е гг. на их долю приходилось уже, соответственно, 89 и 53 %. Ежегодно в конце июля – августе отмечалось «цветение» воды, обычно за счет

*Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (Самойленко и др., 2007). Общая численность водорослей составляла 16,50–24,61 млн кл./л. Максимального значения (51,75 млн кл./л) она достигла в 1992 г. Среднеголетняя численность сообщества, достигающая в 1970-е годы 4,9 млн кл./л, в 1980-е годы возросла в 4 раза. Биомасса увеличилась лишь в 1,7 раза из-за небольшой индивидуальной массы *Cyanoprokaryota*. Относительная среднеголетняя численность диатомей уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом с 59 до 7 %, биомасса – с 73 до 31 % .

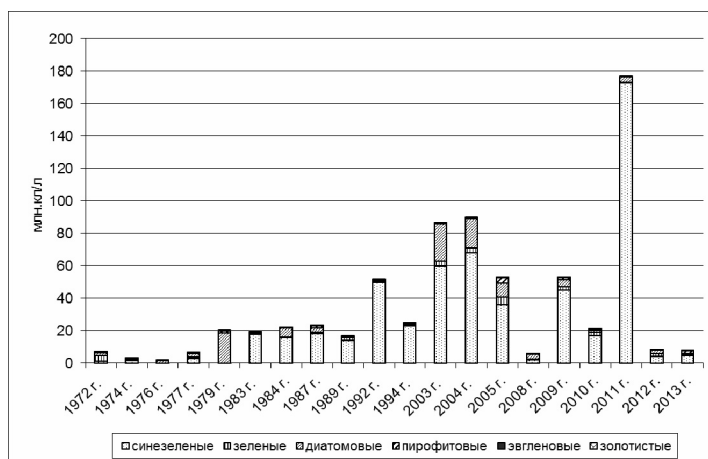


Рис. 1. Многолетние изменения численности летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

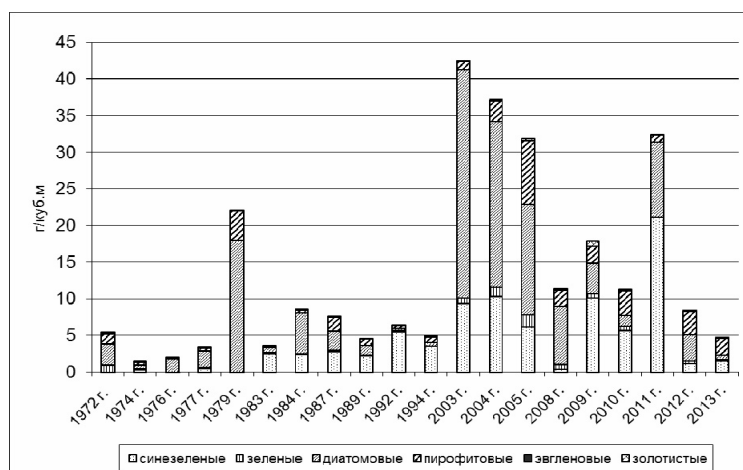


Рис. 2. Многолетние изменения биомассы летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

С 2003 г. обилие планктонных водорослей стало возрастать более высокими темпами. Максимальная численность фитопланктона (177 млн кл./л) зарегистрирована в августе 2011 г. при массовом развитии *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault. Столь интенсивное усиление вегетации водорослей

обусловлено рядом причин: несмотря на сокращение количества садков в 2003 г., содержание минерального фосфора в воде оставалось очень высоким и достигало 0,07 мгР/л, общего фосфора – более 0,2 мгР/л; значительно снизилась фильтрационная роль *Dreissena polymorpha*, популяция которой находилась в угнетенном состоянии; преобладали длительные периоды жары и штиля (Экосистема ..., 2008).

Основу сообщества по-прежнему составляли *Cyanoprokaryota* и *Bacillariophyta*. Средняя численность *Cyanoprokaryota* в 2003–2011 гг., по сравнению с 1990-ми годами, возросла в 1,6, биомасса в 2 раза, диатомей, соответственно, в 21 и 39 раз. Состав доминирующего комплекса стал значительно варьировать. Максимального развития в августе 2003 г. достигла *Microcystis aeruginosa* (41 млн кл./л); в 2004 г., 2009 г. и 2011 г. – *Aphanizomenon flos-aquae* (36, 33 и 92 млн кл./л соответственно); в 2005 г. – *Limnothrix* sp. (16); в 2010 г. – *Limnococcus limneticus* (Lemmerm.) Komárková et al. (8,5). В августе 2008 г. преобладали диатомеи *Aulacoseira* sp. (3,4 млн кл./л). В составе субдоминантов из *Cyanoprokaryota* все чаще появляются лимнотриксы и мелкоклеточные *Merismopedia tenuissima* Lemmerm., *Aphanothece clathrata* West et G.S. West, *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Hub.-Pest.) Schwabe, что свидетельствует об усилении эвтрофирования озера. В летнем диатомовом комплексе доминируют представители рода *Aulacoseira* Thw., *Fragilaria crotonensis*, *Cyclotella ocellata* Pant.

За два последних года существенно снизились количественные показатели сообщества, они соответствуют уровню 1970-х (численность) и 1980-х (биомасса) годов (см. рис. 1, 2). Причинами таких изменений могут быть, во-первых, снижение фосфорной нагрузки вследствие ликвидации садкового комплекса, во-вторых – достаточно низкие летние температуры в указанные годы. Главную роль в сообществе по-прежнему играют *Cyanoprokaryota* и *Bacillariophyta*. Вклад первых в суммарную численность составляет 52 % (2012 г.) и 62 % (2013 г.), в суммарную биомассу, соответственно, 13 и 32 %. Доля *Bacillariophyta* в общей численности составляла 23–6 %, в общей биомассе – 44–14 %. К массовым видам в 2012 г. относятся *Limnothrix* sp. (2 млн кл./л), в 2013 г. – *Synechocystis aquatilis* Sauv. (2,8 млн кл./л). Кроме того, в 2012 г. 38 % всей биомассы формировали представители динофитовых из родов *Peridinium* Ehrenb. и *Gymnodinium* F. Stein, в 2013 г. 41 % биомассы приходился на *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javorn.

Как показали многолетние наблюдения, наибольшее влияние на развитие экосистемы оз. Лукомское в последние 20 лет помимо температурного фактора оказывал садковый комплекс, являющийся мощным дополнительным источником биогенных элементов. Ликвидация данного комплекса может постепенно снизить темпы антропогенного эвтрофирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимова О.Д. К флоре озер Белоруссии // Уч. зап. хим. биол. факульт. БГУ. – 1936. – Вып. 28. – С. 129–175.
- Акимова О.Д. К флоре Белоруссии. Озера Лукомль, Езерище, Красное Полесье // Тр. Витебск. гос. пед. ин-та. – 1940. – Вып. 2. – С. 21–35.
- Вежновец Г.Г., Самойленко В.М. Фитопланктон оз. Лукомского – охладителя ТЭС // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. Хим., биол., геогр. – 1995. – (3). – С. 56–59.

- Каратаев А.Ю. Воздействие подогрева на пресноводные экосистемы. – Минск, 1990. – 132 с. Деп. в ВИНТИ 07.05.1990, № 2440-90.
- Кузьмин Г.В. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценоза внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 73–87.
- Ляхнович В.П., Каратаев А.Ю., Митрахович П.А. Влияние *Dreissena polymorpha* Pallas на экосистему эвтрофного озера // Информ. бюл. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. – 1983. – (60). – С. 25–28.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. – Л., 1981. – 31 с.
- Михеева Т.М., Горелышева З.И., Хлынина В.Д. Фитопланктонное сообщество озера Лукомль в его эвтрофном состоянии и на стадии мезотрофикации // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического круговорота: Тез. докл. 5-го Всесоюз. лимнол. совещ. – Иркутск, 1985. – С. 61–62.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
- Самойленко В.М., Вежновец Г.Г., Свирид А.А. Таксономическая структура и массовые виды фитопланктона водоема-охладителя Лукомльской ТЭС // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. III Междунар. науч. конф. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 176–177.
- Самойленко В.М., Свирид А.А. Динамика развития *Asterionella formosa* Hass. и *Fragilaria crotonensis* Kitt. в фитопланктоне Лукомского озера в связи с температурным фактором // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. IV Междунар. науч. конф. – Минск: Изд. центр БГУ, 2011. – С. 177–178.
- Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. – Минск: Право и экономика, 2008. – 144 с.
- Якушко О.Ф., Гагрилов С.И., Шаблинская З.К. Влияние теплового загрязнения на режим эвтрофного озера // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. Хим., биол., геогр. – 1976. – (3). – С. 56–61.

Подписал в печать П.М. Царенко

V.M. Samoilenko<sup>1</sup>, A.A. Svirid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State University of Belarus Republic,  
4, Nezavisimosti Prosp., 220050 Minsk, Belarus Republic  
e-mail: versam@tut.by

<sup>2</sup>M. Tank Belarus State Pedagogical University,  
18, Sovetskaya St., 220050 Minsk, Belarus Republic  
e-mail: sviridanna.61@mail.ru

#### LONG-TERM CHANGES IN PHYTOPLANKTON OF COOLING POND

Results of long-term researches of phytoplankton of a cooling pond of the Lukomlsky state district power station are presented. Stages of development of planktonic algae community, caused by various anthropogenic and natural factors have been done. Changes of structure and the quantitative characteristics, testifying a process intensification of eutrophication are shown.

**К e y w o r d s :** phytoplankton, abundance, biomass, cooling pond.