

УДК 582.26 (476)

В.М. САМОЙЛЕНКО¹, А.А. СВИРИД²

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

²Белорусский 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.

Ключевые слова: 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 1973¹ и 2005² 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 Утермлла 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/м³. 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/м³. 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/м³ 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 % .

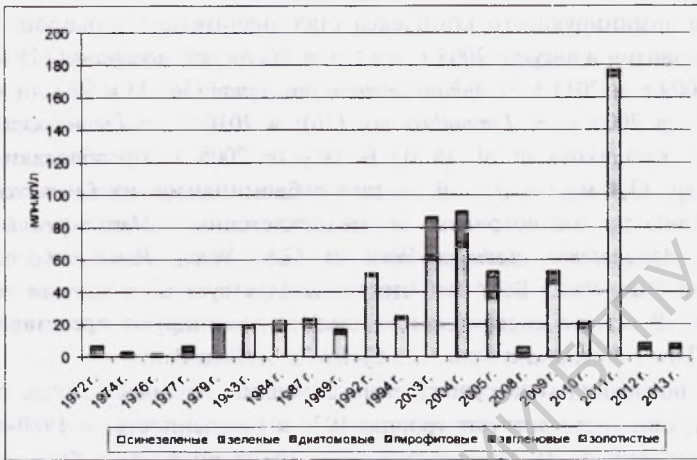


Рис. 1. Многолетние изменения численности летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

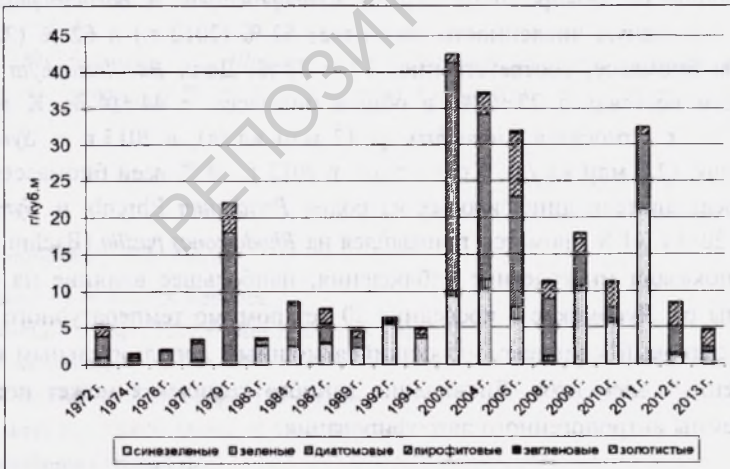


Рис. 2. Многолетние изменения биомассы летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

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 диатомей *Aulacoseira* sp. (3,4 млн кл./л). В составе субдоминантов из *Cyanoprokaryota* все чаще появляются лимнотрикссы 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., Горельщикова З.И., Хлынина В.Д. Фитопланктонное сообщество озера Лукомль в его эвтрофном состоянии и на стадии мезотрофикации // Кружоворот вещества и энергии в водоемах. Элементы биотического кружоворота: Тез. докл. 5-го Всесоюз. лимнол. совещ. — Иркутск, 1985. — С. 61–62.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. — Л.: Гидрометеоздат, 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., Гаврилов 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