

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

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

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

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

**Реферат.** 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.

Results of long-term researches of a phytoplankton of a cooling waterbody 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 to a process intensification of eutrophication are shown.

*Keywords:* phytoplankton, abundance, biomass, cooling waterbody.

### **Введение**

Экосистема оз. Лукомское в последние сорок пять 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°C, 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 Молчанова с разных горизонтов на двух постоянных точках, имеющих одинаковую глубину и расположенных в зоне, испытывающей подогрев и с естественным температурным режимом. Для концентрации проб применяли осадочный метод (Кузьмин, 1975). Фиксировали раствором Утермеля с последующим добавлением формалина. Численность клеток подсчитывали в камере Фукс-Розенталя. Расчеты биомассы проводили по методу геометрического подобия (Руководство ..., 1983; Методические рекомендации ..., 1981).

### **Результаты и обсуждение**

По результатам первых исследований фитопланктона в 1930-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>. Основной фон создавали, наряду с синезелеными, 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 (рис. 1, 2). За несколько лет до пуска электростанции в водоем вселилась дрейссена, популяция которой достигла максимального развития к середине 1970-х годов. Благодаря высокой фильтрационной способности дрейссены в течение нескольких лет в водоеме наблюдался процесс деэвтрофирования (Ляхнович и др., 1983; Каратаев, 1990; Вежновец, Самойленко, 1995). На протяжении всего вегетационного сезона преобладали диатомовые водоросли, их средне-вегетационная биомасса составляла 63 % общего показателя. Синезеленые развивались слабо, даже летом их численность укладывалась в пределы 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 и колебались от 2,03 до 7,00 млн.кл/л и от 1,44 до 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, 1985). В дальнейшем была показана четкая зависимость развития последних двух видов от температурного фактора (Самойленко, Свирид, 2011).

В начале 1980-х гг. популяция дрейссены прошла этап бурного развития и стабилизировалась на более низком уровне, что привело к снижению интенсивности фильтрации взвеси и, соответственно, усилению вегетации водорослей. Дрейссена перестает играть роль основного фактора, сдерживающего эвтрофирование водоема. Еще более усугубил ситуацию ввод в эксплуатацию в 1989 г. садкового комплекса по выращиванию товарной рыбы на 1200 садков, который явился мощным дополнительным источником биогенных элементов.

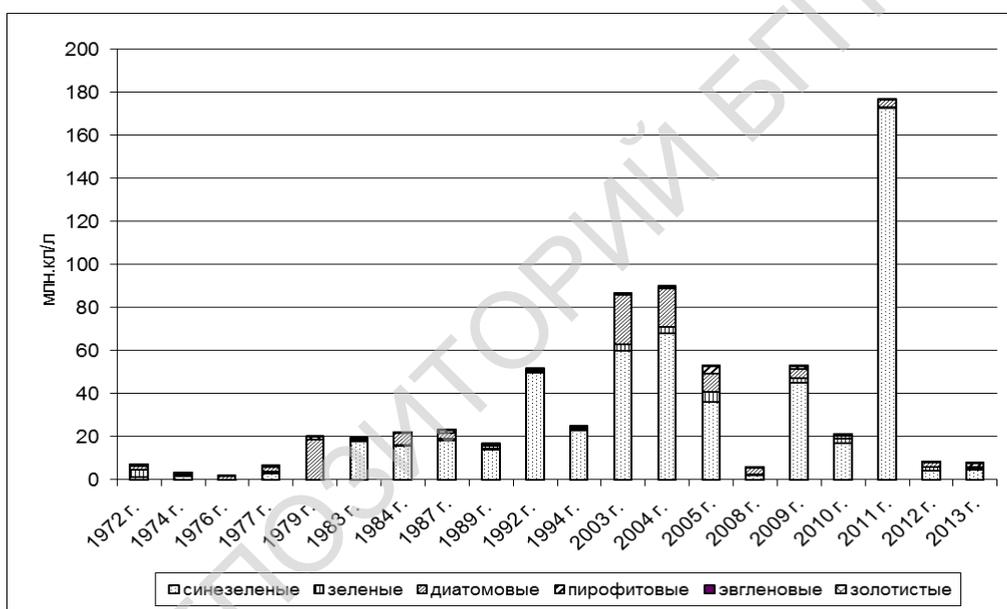


Рисунок 1. Многолетние изменения численности летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

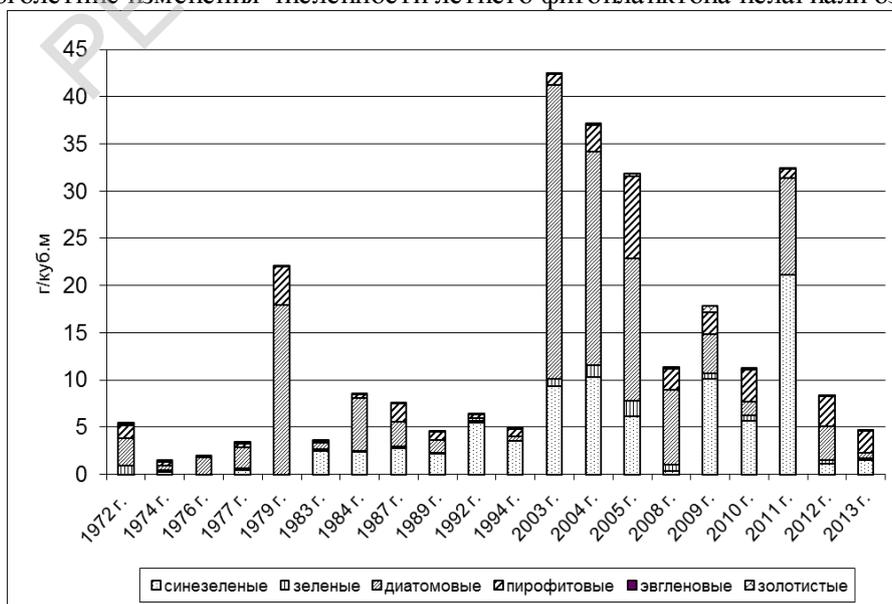


Рисунок 2. Многолетние изменения биомассы летнего фитопланктона пелагиали оз. Лукомское

Летний максимум обилия все чаще определяли цианопрокариоты. 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. Агентами “цветения” обычно выступал *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (Самойленко, Вежновец, Свирид, 2007). Общая численность находилась в пределах 16,50-24,61 млн.кл/л. Максимального значения (51,75 млн.кл/л) она достигла в 1992 г. Среднемноголетняя 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 небольшого индивидуального веса цианей. Относительная среднемноголетняя численность диатомей уменьшилась, по сравнению с предыдущим периодом, с 59 до 7 %, биомасса – соответственно с 73 % до 31 % .

С 2003 г. обилие планктонных водорослей стало увеличиваться более высокими темпами. Рекордно высокая 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. до 100 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 дрейссены, популяция которой находится в угнетенном состоянии; преобладали длительные периоды жаркой штилевой погоды (Экосистема ..., 2008).

Облик сообщества по-прежнему формировали цианопрокариоты и диатомовые водоросли. Среднемноголетняя численность синезеленых 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. достигал *Microcystis aeruginosa* (41 млн.кл/л); в 2004 г., 2009 г., 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. преобладающее развитие получила диатомеи *Aulacoseira* sp. (3,4 млн.кл/л). В состав субдоминантов из цианей все чаще входят 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 преобладают представители рода *Aulacoseira* Thw., *Fragilaria crotonensis*, *Cyclotella ocellata* Pant.

Два последних года характеризуются существенным снижением количественных показателей сообщества, значения которых соответствуют уровню 1970-х (численность) и

1980-х (биомасса) годов (см. рис. 1, 2). К числу причин таких изменений следует отнести, 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 цианеи и диатомовые. Вклад первых в суммарную численность составляет 52 % (2012 г.) и 62 % (2013 г.), в суммарную биомассу – соответственно 13 и 32 %. Доля диатомовых в общей численности колебалась в пределах 23-6 %, в общей биомассе – 44-14 %. К массовым видам в 2012 г. относились *Limnithrix* 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 криптонаду *Rhodomonas pusilla* (Vachm.) Javorn.

Как показали многолетние наблюдения, преобладающее 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 привести к постепенному снижению темпов антропогенного эвтрофирования.

*Акимова О.Д.* К флоре озер Белоруссии // Уч. зап. хим. биол. факультетов БГУ. – 1936. – Вып. 28. – С.129-175.

*Акимова О.Д.* К флоре Белоруссии. Озера Лукомль, Езерище, Красное Полесье // Тр. Витебск. гос. пед. (учительск.) ин-та им. С.М. Кирова. – 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. – Мн., 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. бюлл. 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., Горельшева 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. лимнологич. 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: Матер. 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: Матер. 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.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ