

Фитопланктон водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки

Phytoplankton of the cooling waterbody of the Lukoml state district power station under changing anthropogenic load

Самойленко В.М.¹, Свирид А.А.²
Vera M. Samoilenka¹, Anna A. Svirid²

¹Белорусский государственный университет (Минск, Беларусь)

²Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка
(Минск, Беларусь)

В работе представлены результаты многолетних исследований фитопланктона водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС (Беларусь). Проанализирована динамика численности, биомассы, структуры сообществ и состава доминирующих видов фитопланктона в период с 1972 по 2019 гг. Установлены этапы развития сообщества водорослей планктона, обусловленные изменением интенсивности и направленности антропогенных факторов. Показана реакция фитопланктона на изменение тепловой нагрузки и зависимость от развития популяции *Dreissena polymorpha* Pallas. Выявлено влияние садкового комплекса на интенсивность развития и структуру фитопланктона. С 2004 г. периоды интенсивной вегетации водорослей чередуются со значительным спадом численности и биомассы, что свидетельствует о нестабильном состоянии экосистемы водоема-охладителя. Сукцессия доминирующего комплекса в 2019 г. характеризовалась выпадением из его состава вида *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (семейство Nostocaceae) и включением вида *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (семейство Oscillatoriaceae) с численностью 3,08 млн кл./дм³.

Ключевые слова: водоем-охладитель; фитопланктон; численность; биомасса; многолетняя динамика.

Одно из наиболее крупных озер Беларуси – оз. Лукомское с 1973 г. используется в качестве водоема-охладителя Лукомльской ТЭС. Котловина озера подпрудного типа имеет площадь 36,7 км², среднюю глубину 6,7 м, объем водной массы 243 млн. м³. Строительство и работа электростанции привели к существенному нарушению его гидрологического режима: практически прекратился сток воды из озера, увеличилось испарение с поверхности за счет подогреваемой зоны и удлинения безледного периода на всем озере почти на 2 месяца (Доброжанская, 1974). Динамика водных масс, обусловленная техногенным фактором – работой ТЭС – обеспечивается системой замкнутого водообмена между озером и системой охлаждения электростанции и горизонтальным перемещением объемов воды от сбросных сооружений по акватории озера. Вода в охладительные системы ТЭС поступает по специально проложенному каналу, а сбрасывается в открытый плес на поверхность по бетонным бьефам с перепадом высоты

более 3 м, и частично – в сбросной канал. В последние годы с целью снижения тепловой нагрузки на водоем введена в эксплуатацию парогенераторная установка (ПГУ). В настоящее время среднее за год превышение температур воды на сбросе над температурами забираемой из озера воды составляет 5,53–8,18°C. Зона с температурами поверхностного слоя +22°C и выше расположена в северо-восточной части озера и занимает 15% площади озера. Температуру выше +26°C (на 5°C выше фоновой) имеет 2,4% площади озера, что на 42% ниже по сравнению с данными термической съемки, проведенной до строительства ПГУ.

Кроме теплового, значительное воздействие на экосистему водоема оказывало садковое хозяйство для выращивания карпа, функционировавшее длительный период (1989–2015 гг.) на сбросном канале ГРЭС. Его мощность в разные годы варьировала в широких пределах, и в настоящее время он закрыт. В период максимального количества садков в озеро с кормами и метаболитами рыб дополнительно могло поступать до 4 т фосфора в год, что способствовало усиленному эвтрофированию водоема. В отдельные годы по уровню трофии озеро приближалось к гипертрофному типу (Митрахович и др., 2008; Самойленко, Свирид, 2014). Впервые фитопланктон оз. Лукомское был исследован задолго до строительства ТЭС в начале 1930-х годов, что позволяет оценить фоновое состояние сообщества (Акимова, 1936, 1940). На момент съемки фиксировалось «цветение» воды в результате развития крупной колониальной цианеи *Gloeotrichia echinulata* P.G.Richter, субдоминантами выступали диатомовые *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, *Asterionella formosa* Hassall, *Fragilaria crotonensis* Kitton и динофитовая *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller) Dujardin. Авторы таксонов указаны в соответствии с Algaebase (<https://www.algaebase.org/search/species/>).

В 1938 г. «цветение» не было зарегистрировано, хотя цианопрокариоты и диатомовые в своем развитии приближались к оценке 5 по 6-балльной шкале. Преобладали те же виды диатомовых, что и ранее. Летняя численность колебалась в пределах 23,5–43,2 млн экз./м³. Среднелетняя биомасса ориентировочно составляла 10,9 г/м³. Трофический тип водоема оценивали как эвтрофный (Акимова, 1940).

Анализ материалов многолетних исследований, проводимых на водоеме с началом работы электростанции, позволил выделить несколько этапов в развитии его экосистемы, соответствующих изменениям силы и направленности антропогенного воздействия. Первый этап охватывает 1970-е годы сразу после введения в эксплуатацию электростанции. В этот период благодаря высокой фильтрационной способности моллюска-вселенца *Dreissena polymorpha* Pallas, популяция которого находилась на пике своего развития, в водоеме наблюдался процесс деэвтрофирования (Ляхнович и др., 1987). В фитопланктоне практически на протяжении всего вегетационного сезона преобладали диатомовые водоросли, их средневегетационная биомасса составляла 63% от общего показателя. Цианопрокариоты развивались слабо, даже летом их численность варьировала в пределах 0,01–3,21 млн кл./дм³, биомасса – 0,02–0,48 г/м³. Пирофитовые водоросли (ранее объединявшие криптофитовых и динофитовых), при невысокой численности (0,04–1,36 млн кл./дм³), вносили существенный вклад в общую биомассу (0,12–4,06 г/м³) – в среднем 17% от общего значения. «Цветения» воды летом не отмечалось. Летняя численность фитопланктона была довольно низкой и укладывалась в пределы 2,03–7,00 млн кл./дм³, биомасса – от 1,44 до 5,35 г/м³, за исключением 1979 г., когда в августе была отмечена «вспышка» диатомей *Asterionella formosa* и *Fragilaria crotonensis*. По своему трофическому статусу озеро соответствовало мезотрофному типу (Михеева и др., 1985; Якушко и др., 1976). Столь существенные изменения трофического состояния были обусловлены фильтрационной деятельностью *Dreissena polymorpha*.

С 1980-х годов начался следующий этап в развитии фитопланктона, который сопровождался усилением роли цианопрокариот и ростом количественных характеристик. 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% соответственно. Ежегодно с конца июля до начала сентября отмечалось «цветение» воды. Агентами «цветения» обычно выступал *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (Самойленко и др., 2007). Общая численность водорослей находилась в пределах 16,50–24,61 млн кл./дм³. Максимального значения (51,75 млн кл./дм³) она достигла в 1992 г. Среднегодовое значение численности сообщества, достигающее в 1970-е годы 4,9 млн кл./дм³, в 1980-е годы возросло в 4 раза. Биомасса увеличилась лишь в 1,7 раз благодаря перестройке сообщества в направлении доминирования цианопрокариот. Относительная среднегодовая численность диатомей уменьшилась, по сравнению с предыдущим периодом, с 59 до 7%, а биомасса – соответственно с 73% до 31%.

Как следует из рисунков 1 и 2, с 2003 г. обилие водорослей планктона стало увеличиваться еще более высокими темпами и оставалось высоким вплоть до 2005 г., с последующими значительными колебаниями продуктивности.

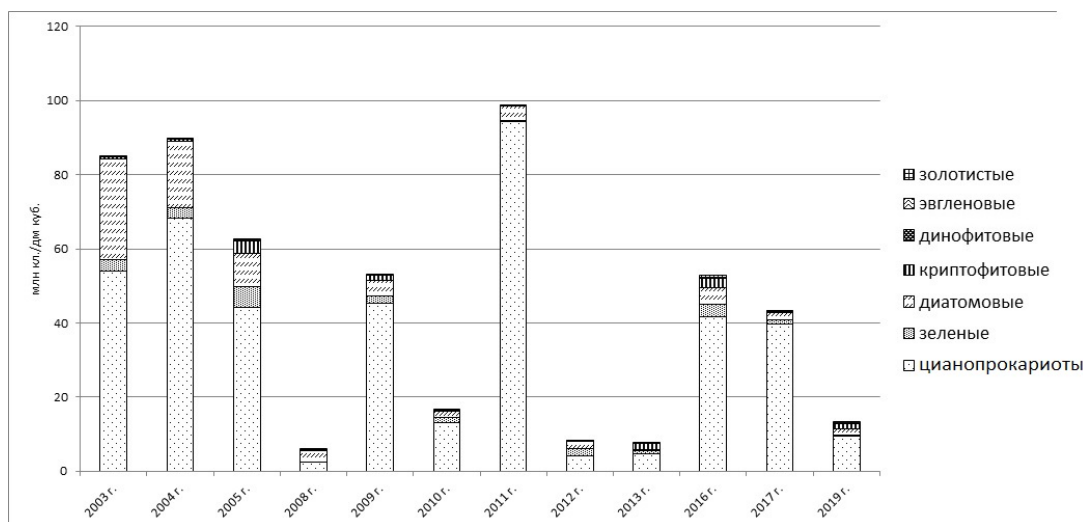


Рис. 1. Многолетняя динамика численности августовского фитопланктона

Fig. 1. Long-term dynamics of abundance of august phytoplankton

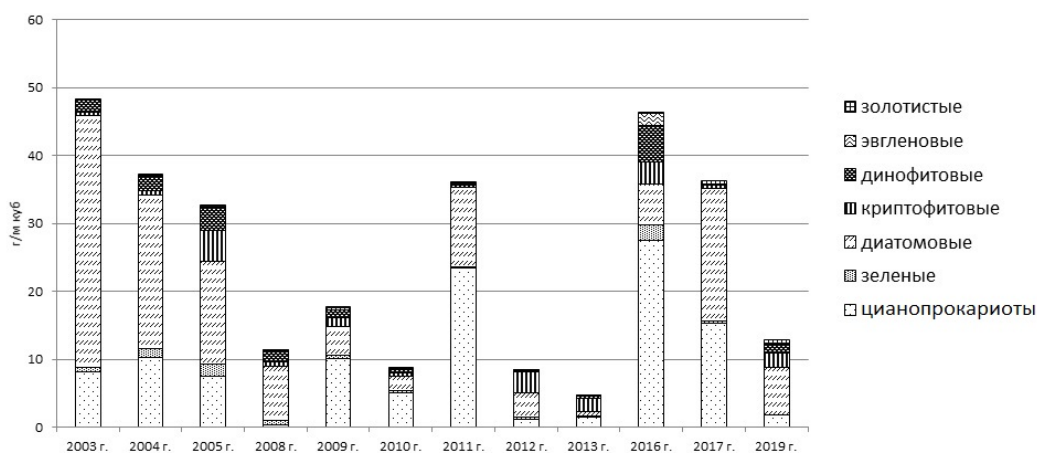


Рис. 2. Многолетняя динамика биомассы августовского фитопланктона

Fig. 2. Long-term dynamics of biomass of august phytoplankton

Рекордно высокая численность фитопланктона (177 млн кл./дм³) зарегистрирована в августе 2011 г. при массовом развитии *Aphanizomenon flos-*

aquae Ralfs ex Bornet & 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/дм³, общего фосфора – более 0,2 мгР/дм³; значительно снизилась фильтрационная роль дрейссены, популяция которой находилась в угнетенном состоянии; преобладали длительные периоды жаркой штилевой погоды (Митрахович и др., 2008).

Облик сообщества по-прежнему формировали цианопрокариоты и диатомовые водоросли. Среднемноголетняя численность цианей 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./дм³); в 2004 г., 2009 и 2011 г. – *Aphanizomenon flos-aquae* (36, 33 и 92 млн кл./дм³, соответственно); в 2005 г. – *Limnothrix* M.E.Meffert sp. (16 млн кл./дм³); в 2010 г. – *Limnococcus limneticus* (Lemmermann) Komárková, Jezberová, O.Komárek & Zápomělová (8,5 млн кл./дм³). В августе 2008 г. преобладающее развитие получила диатомея *Aulacoseira* Thwaites sp. (3,4 млн кл./дм³). В состав субдоминантов из цианей все чаще входят лимнотриксы и мелкоклеточные *Merismopedia tenuissima* Lemmermann, *Aphanothece clathrate* West & G.S.West, *Pseudanabaena mucicola* (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe. Трансформация доминирующего комплекса происходит в сторону замещения гетероцистных видов цианей на безгетероцистные и мелкоклеточные, что свидетельствует об усилении эвтрофирования озера. В летнем диатомовом комплексе преобладают представители рода *Aulacoseira* Thwaites, *Fragilaria crotonensis*, *Cyclotella ocellata* Pantocsek.

После максимума 2011 г. наступает период нестабильности, когда каждые 2–3 года усиление вегетации сменяется спадом. Фитопланктон в 2013–2014 гг. характеризовался существенным снижением количественных показателей сообщества, значения которых соответствуют уровню 1970-х (численность) и 1980-х (биомасса) годов. К числу причин таких изменений относятся, во-первых, снижение фосфорной нагрузки вследствие ликвидации садкового комплекса, во-вторых, достаточно низкие летние температуры в указанные годы. Главную роль в сообществе по-прежнему играли цианопрокариоты и диатомовые. Вклад первых в суммарную численность составлял 52% (2012 г.) и 62% (2013 г.), в суммарную биомассу – соответственно 13 и 32%. Доля диатомовых в общей численности колебалась в пределах 6–23%, в общей биомассе – 14–44%. К массовым видам в 2012 г. относились *Limnothrix* sp. (2 млн кл./дм³), в 2013 г. – *Synechocystis aquatilis* Sauvageau (2,8 млн кл./дм³). Кроме того, в 2012 г. 38% всей биомассы формировали представители динофитовых из родов *Peridinium* Ehrenberg и *Gymnodinium* F. Stein. В 2013 г. 41% биомассы приходился на криптомонаду *Rhodomonas pusilla* (H.Bachmann) Javornicky.

Таким образом, преобладающее влияние на экосистему оз. Лукомское в период с 2003 г. по 2013 г., помимо температурного фактора, оказывал садковый комплекс, ставший мощным дополнительным источником биогенных элементов. Ликвидация данного комплекса способствовала постепенному снижению темпов антропогенного эвтрофирования.

После повышения в 2016–2017 годах, интенсивность вегетации водорослей в 2019 г. снова снижается, что в значительной степени является следствием сокращения биогенной нагрузки. Содержание биогенных элементов (фосфатов минерального азота) в последние годы демонстрирует тенденцию к снижению. Кроме того, введение в эксплуатацию парогенераторной установки позволило снизить тепловую нагрузку на водоем. Нельзя не учитывать и участвовавшие в последние годы климатические аномалии, которые, несомненно, оказывают влияние на состояние всех сообществ гидробионтов и, в первую очередь, первичного звена – продуцентов. В связи с этим возникают трудности в оценке степени влияния антропогенной нагрузки на экосистему.

Общая численность водорослей в 2019 г., по сравнению с предыдущими исследованиями, снизилась в 3,3 раза и составила 13,23 млн кл./дм³. Удельный вес цианопрокариот достигал 71%, что на 20% ниже, чем в 2017 г. Значения суммарной биомассы (12,93 г/м³) снизились в 2,8 раза. По биомассе преобладали диатомовые – 54%, криптофитовые – 19%, цианопрокариоты – 13% и динофитовые – 9%.

Массового развития в летнем планктоне достигали, как и ранее, цианопрокариоты. Однако сукцессия доминирующего комплекса характеризовалась полным выпадением из состава сообщества представителей семейства Ностоковые, которые доминировали в разные годы с большим перевесом над остальными цианеями. Чаще других в предшествующий период массовым видом выступал *Aphanizomenon flos-aquae*. В настоящее время он не развивается в планктоне. Класс Гормогониевые представлен двумя видами семейства Осцилляториевые, среди которых в состав доминирующего комплекса входит *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek с численность 3,08 млн кл./дм³. Планктотрикс встречался в небольших количествах с 2016 г. Современный комплекс доминант формировали также представители хроококковых: *Microcystis aeruginosa* (5,17 млн кл./дм³), ранее доминировавший в планктоне, но с 2005 г. редко встречающийся, и *Sinechocystis aquatilis* (1,17 млн кл./дм³) – один из обычных массовых видов летнего фитопланктона. Таким образом, наблюдаемая сукцессия доминирующего комплекса выражается в снижении роли гетероцистных видов ностоковых водорослей (анабен, афанизоменонов), вегетация которых не лимитируется азотом. С другой стороны, наблюдается массовое развитие *Planktothrix agardhii*. На взрывной характер повышения численности этого вида, его конкурентные преимущества как олигофотного и эвритермного вида-индикатора интенсивного антропогенного эвтрофирования, указывают многие исследователи (Биологические..., 2013; Гаязова, 2015).

В составе пелагического комплекса существенную роль играют распространенные в водоемах разной трофности диатомовые *Fragilaria crotonensis* (0,99 млн кл./дм³) и *Cyclotella ocellata* Pantocsek (0,43 млн кл./дм³). Популяция фрагилярии в августе 2019 г. была представлена особями, находившимися в стадии деления, и состояла из парных клеток.

Новый для альгофлоры водоема-охладителя вид-вселенец диатомея *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge встречается в составе летнего фитопланктона с 2009 г. Максимальная численность, в пределах 0,05–1,82 млн кл./дм³, отмечалась в августе.

Среди прочих отделов заметную плотность имели криптомонада *Rhodomonas pusilla* (1,17 млн кл./дм³) и золотистая водоросль *Chrysidalis peritaphrena* J. Schiller (0,41 млн кл./дм³). Перечисленные выше виды часто присутствовали развивались в заметных количествах в летнем фитопланктоне в предшествующий период.

Таким образом, в динамике количественных параметров фитопланктона с 2004 г. отсутствует явно выраженная тенденция – периоды интенсивной вегетации водорослей чередуются со значительным спадом численности и биомассы, что свидетельствует о нестабильном состоянии экосистемы водоема-охладителя. Причиной этого являются как значительные изменения природных факторов (резкие колебания температуры воздуха, обеспеченность осадками и пр.), так и существенные изменения биогенной и тепловой нагрузки. Вместе с тем, наблюдаемая сукцессия массовых видов характерна для водоемов в условиях роста уровня трофии.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Список литературы

1. Акимова О.Д. К флоре озер Белоруссии // Ученые записки химического и биологического факультетов БГУ. 1936. Т. 28. С. 129–175.

2. *Акимова О.Д.* К флоре Белоруссии. Озера Лукомль, Езерице, Красное Полесье // Тр. Витебского государственного педагогич. ин-та им. С.М. Кирова. 1940. №2. С. 20–23.
3. Биологические и химические эффекты антропогенного эвтрофирования Ижевского водохранилища: Монография / Б.Г. Котегов (ред.) – Ижевск: Удмуртский университет, 2013. – 177 с.
4. *Гязова А.О., Антипова В.А., Абдуллаев С.М.* Смена доминирующих видов фитопланктонного сообщества Шершневого водохранилища: «случайная» или закономерная сукцессия? // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). С. 82–84. URL: <https://moluch.ru/archive/102/23343/> (дата обращения – 04.06.2020).
5. *Доброжанская Ж.В.* Гидрологические последствия сброса подогретых вод в озерах Белое и Лукомское (БССР) // Влияние тепловых электростанций на гидробиологию и биологию водоемов: материалы Второго симпозиума (Борок, 26–28 авг. 1974 г.). Сб. ст. – Борок, 1974. – С. 46–49.
6. *Ляхнович В.П., Каратаев А.Ю., Митрахович П.А., Гурьянова Л.В., Вежновец Г.Г.* Продуктивность и перспективы использования экосистемы озера Лукомское – водоема-охладителя ТЭС // Экология. 1987. № 5. С. 43–48.
7. *Митрахович П.А., Самойленко В.М., Карташевич З.К., Свирид А.А., Козлов Е.А., Королев Г.Н., Папко Н.А.* Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. – Минск: Право и экономика, 2008. – 144 с.
8. *Михеева Т.М., Горельщикова 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: тезисы докл. 5 Всесоюз. лимнологич. совещ. – Иркутск, 1985. – С. 61–62.
9. *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: материалы III Междунар. науч. конф., 17–22 сент. 2007 г., Минск–Нарочь. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 176–177.
10. *Самойленко В.М., Свирид А.А.* Многолетние изменения фитопланктона водоема-охладителя // Альгология. 2014. 24(3). С. 371–375.
11. *Якушко О.Ф., Гаврилов С.И., Шаблинская З.К.* Влияние теплового загрязнения на режим эвтрофного озера // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2. Хим., биол., геогр. 1976. № 3. С. 56–61.
12. *Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. 2019. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения – 4.06.2020).

Статья поступила в редакцию 30.06.2019; поступила после доработки 23.11.2020; принята к публикации 25.11.2020

Сведения об авторе

Самойленко Вера Михайловна – с.н.с., Белорусский государственный университет, Беларусь, Минск (Belarusian State University, Belarus, Minsk), научно-исследовательская лаборатория озероведения; versam@tut.by; ORCID – 0000-0003-3209-0955

Свирид Анна Анатольевна – к.б.н., доцент, Учреждение образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», Минск, Беларусь (Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University, Belarus, Minsk), факультет естествознания, кафедра общей биологии и ботаники; sviridanna.61@mail.ru; ORCID – 0000-0001-7388-938X

Корреспондентский адрес: Беларусь, 220030, Минск, Советская, 18, Факультет естествознания БГПУ, каф. общей биологии и ботаники; тел. +37529-577-94-62

Phytoplankton of the cooling waterbody of the Lukoml state district power station under changing anthropogenic load

Vera M. Samoilenka¹, Anna A. Svirid²

¹Belarusian State University (Minsk, Belarus)

²Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University (Minsk, Belarus)

The paper presents the results of long-term research of phytoplankton of the cooling waterbody of the Lukoml state district power station (Belarus). The dynamics of abundance, biomass, community structure, and composition of the dominant phytoplankton species for the period of 1972–2019 were analyzed. The stages of development of the plankton algae community are determined, due to changes in the intensity and direction of anthropogenic factors. The response of phytoplankton to changes in heat load and dependence on the development of the population of *Dreissena polymorpha* Pallas is shown. The influence of the fish rearing complex on the developmental intensity and phytoplankton structure was revealed. Since 2004, the periods of intensive vegetation of algae alternate with a significant decrease in abundance and biomass, which indicates the unstable state of the ecosystem of the cooling waterbody. The succession of the dominant complex in 2019 was characterized by the loss of the species *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault (family

Nostocaceae) and the inclusion of the species *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek (family Oscillatoriaceae).

Key words: cooling waterbody; phytoplankton; abundance; biomass; long-term dynamics.

References

1. Akimova O.D. K flore ozer Belorussii. [To the flora of the lakes of Belarus]. *Uchenye zapiski himicheskogo i biologicheskogo fakul'tetov BGU [Scientific notes of the Faculties of Chemistry and Biology of BSU]*. 1936. V.28. P. 129–175. (in Russ.)
2. Akimova O.D. K flore Belorussii. Ozera Lukoml', Ezerishche, Krasnoe Poles'e. [To the flora of Belarus. Lakes Lukoml', Ezerische, Red Polesie]. *Tr. Vitebskogo gosudarstvennogo pedagogich. in-ta im. S.M. Kirova [Tr. of Vitebsk State Pedagogical Institute named after C.M. Kirov]*. 1940. №2. P. 20–23. (in Russ.)
3. Biologicheskie i himicheskie efekty antropogennogo evtrofirovaniya Izhevskogo vodohranilishcha. [Biological and chemical effects of anthropogenic eutrophication of the Izhevsk reservoir]. Udmurtskij universitet, Izhevsk, 2013. 177 p. (in Russ.)
4. Dobrozhanskaya Zh.V. Gidrologicheskie posledstviya sbrosa podogretyh vod v ozerah Beloe i Lukomskoe (BSSR). [Hydrological consequences of the discharge of heated water in the lakes Beloe and Lukomskoe (BSSR)]. Vliyanie teplovyh elektrostancij na gidrobiologiyu i biologiyu vodoemov: materialy Vtorogo simpoziuma (Borok, Aug 26–28, 1974). [The influence of thermal power stations on hydrobiology and biology of water bodies. Digest of articles]. Borok, 1974. P. 46–49. (in Russ.)
5. Gayazova A.O., Antipova V.A., Abdullaev S.M. Smena dominiruyushchih vidov fitoplanktonnogo soobshchestva Shershnevskogo vodohranilishcha: "sluchajnaya" ili zakonomernaya sukcesiya? [Change of dominant phytoplankton species of the Shershnevsky reservoir: "random" or regular succession?]. *Molodoj uchenyj*. 2015. №22 (102). P. 82–84. URL: <https://moluch.ru/archive/102/23343/> (date: 06/04/2020). (in Russ.)
6. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway, 2019. <http://www.algaebase.org> (date: 4.06.2020)
7. Lyahnovich V.P., Karataev A.YU., Mitrahovich P.A., Gur'yanova L.V., Vezhnovets G.G. Produktivnost' i perpektivy ispol'zovaniya ekosistemy ozera Lukomskoe – vodoema-ohladyatelya TES. [Productivity and using prospects of the ecosystem of Lake Lukomskoye as a cooling waterbody of thermal power station]. *Ekologiya. [Ecology]*. 1987. №5. P. 43–48. (in Russ.)
8. Miheeva T.M., Gorelysheva Z.I., Hlynina V.D. Fitoplanktonnoe soobshchestvo ozera Lukoml' v ego evtrofnom sostoyanii i na stadii mezotrofikacii [The phytoplankton community of Lake Lukoml' in its eutrophic state and at the stage of mesotrophy]. Krugovorot veshchestva i energii v vodoemah. Elementy bioticheskogo krugovorota. [Cycle of matter and energy in water bodies. Elements of the biotic cycle]. Tezisy dokl. 5 Vses. limnologich. soveshch. [Thesis. doc. 5th All-Union. limnological conference]. Irkutsk, 1985. P. 61–62. (in Russ.)
9. Mitrahovich P.A., Samojlenko V.M., Kartashevich Z.K., Svirid A.A., Kozlov E.A., Korolev G.N., Papko N.A. Ekosistema vodoema-ohladyatelya Lukomlskoj GRES. [Ecosystem of the cooling waterbody of the Lukoml State District Power Station]. *Pravo i ekonomika*, Minsk, 2008. 144 p. (in Russ.)
10. Samoilenka V.M., Svirid A.A. Long-term changes in phytoplankton of cooling pond. *Algologiya*. 2014. V.24 (3). P. 371–375. (in Russ.)
11. Samoilenka V.M., Vezhnovets G.G., Svirid A.A. Taksonomicheskaya struktura i massovyie vidy fitoplanktona vodoema-okhladyatelya Lukoml'skoj TES [Taxonomic structure and mass species of phytoplankton in the cooling reservoir of the Lukoml TPP]. Ozernye ekosistemy: biologicheskie processy, antropogennaya transformaciya, kachestvo vody: materialy III Mezhdunar. nauch. konf., 17–22 sent. 2007 g., Minsk–Naroch'. [Lake ecosystems: biological processes, antropogenic transformation, water quality: Materials of the III Intern. Scientific. Conf., 17–22 Sept. 2007, Minsk–Naroch]. Ed. Center of the BSU, Minsk, 2007. P. 176–177. (In Russ.)
12. Yakushko O.F., Gavrilov S.I., SHablinskaya Z.K. Vliyanie teplovogo zagryazneniya na rezhim evtrofnogo ozera. [The effect of thermal pollution on the regime of the eutrophic lake]. *Vestn. Belorus. gos. un-ta. Ser. 2. Him., biol., geogr. [Vestn. Belorussian. state un-that. Ser. 2. Chem., Biol., Geogr.]*. 1976. №3. P. 56–61. (in Russ.)

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ:

Самойленко В.М., Свирид А.А. Фитопланктон водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки // Вопросы современной альгологии. 2020. № 2 (23). P. 33–39. URL: <http://algology.ru/1637>

Samoilenka V.M., Svirid A.A. Phytoplankton of the cooling waterbody of the Lukoml state district power station under changing anthropogenic load. *Voprosy sovremennoi algologii (Issues of modern algology)*. 2020. № 2 (23). P. 33–39. URL: <http://algology.ru/1637>

DOI – [https://doi.org/10.33624/2311-0147-2020-2\(23\)-33-39](https://doi.org/10.33624/2311-0147-2020-2(23)-33-39)