

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЧУЖЕРОДНОГО ВИДА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
SKELETONEMA SUBSALSUM (CLEVE-EULER) BETHGE В ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ
THE SPREAD OF AN ALIEN SPECIES OF DIATOMS
SKELETONEMA SUBSALSUM (CLEVE-EULER) BETHGE IN THE LAKES
OF BELARUS

В.М. Самойленко¹, Т.М. Михеева¹, А.А. Свирид²
V.M. Samoilenka¹, T.M. Mikheyeva¹, A.A. Svirid²

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, versam@tut.by, mikheyeva@tut.by
²Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, sviridanna.61@mail.ru

¹Belarussian State University, Minsk, Belarus

²Belarusian State Pedagogic University named after Maxim Tank, Minsk, Belarus

Аннотация. В работе представлена динамика численности инвазивного вида диатомовых водорослей *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge в фитопланктоне озера Лукомское в последние годы и ее связь с температурой воды. Указывается количественное развитие этого вида в озерах Национальных парков «Припятский» и «Браславские озера».

Ключевые слова: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge; инвазивный вид диатомовых водорослей; распространение; озера Беларуси.

Abstract. The paper presents the abundance dynamics of the invasive diatom species *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge in the phytoplankton of Lake Lukomskoye in recent years and its relationship with water temperature. The quantitative development of this species in the lakes of the National Parks "Pripyatsky" and "Braslav Lakes" is indicated.

Key words: *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge; an invasive species of diatom algae; distribution; lakes of Belarus.

Экспансия чужеродных видов гидробионтов в новые регионы в настоящее время приобретает значительные масштабы и является одной из серьезных экологических проблем. Проникая в новые водоемы, инвазивные виды вызывают изменения в структуре аборигенных сообществ, приводят к нарушению трофических взаимоотношений в экосистемах, изменяют их продуктивность [1]. В качестве основных причин данного явления рассматриваются как глобальные изменения климата, так и усилившееся антропогенное воздействие на природные экосистемы.

Одним из инвазивных видов планктонных водорослей, активно расширяющих свой ареал, является *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge – солоноватоводная, теплолюбивая диатомовая водоросль, широко распространенная в водоемах Северной и Южной Америки, Японии, Южной Кореи, Балтийском море и водоемах его бассейна. С 1950-х годов массовое развитие данного вида фиксировалось в Черном, Азовском, Каспийском морях и сопредельных водоемах [2, 3]. С 1950-х годов она встречается в водохранилищах Волги, где входит в состав доминирующего комплекса поздневесеннего фитопланктона [4].

Сведения о распространении скелетонемы на территории Беларуси до недавнего времени отсутствовали. Первое ее нахождение в 2010 г. в составе планктонных водорослевых комплексов водоемов р. Припять и оз. Плищин, расположенных в пределах Национального парка (НП) «Припятский», отмечено Т.М. Михеевой и задокументировано в 2014 г. в статье [5], вышедшей в 2016 г. монографии [6] и других публикациях [7]. В составе диатомового комплекса фитопланктона оз. Плищин, собранного 17.08.2010 г. планктонной сетью и изученного в постоянном препарате, доля этого вида была значительна и составляла около 5 % численности [8]. Колонии *Skeletonema subsalsum* в препарате были разрушены на отдельные створки. Абсолютным доминантом изученного комплекса, объединяя более 90 % относительной численности створок в препарате, являлась *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen как типичный представитель летнего фитопланктона мезо- и эвтрофных озер.

В последние годы скелетонема была идентифицирована также в оз. Лукомское, которое с конца 1960 годов используется в качестве водоема-охладителя самой крупной в Беларуси тепловой электростанции. Кроме теплового, водоем испытывает и другие виды антропогенного воздействия, среди которых наибольшее негативное влияние оказывал садковый комплекс по выращиванию товарного карпа, функционирующий с 1989 г. В результате деятельности садкового комплекса в отдельные годы в водоем поступало до 4 т фосфора, что привело к интенсификации процесса эвтрофирования, повлекшего существенные изменения во всех звеньях экосистемы [9, 10]. В настоящее время комплекс закрыт.

В течение 45-летнего периода исследований развитие экосистемы водоема-охладителя сопровождалось как снижением продуктивности до уровня мезотрофной стадии, связанной с массовым развитием моллюска-фильтратора *Dreissena polymorpha* Pallas, так и с последующим интенсивным ростом продукционных процессов на фоне сокращения популяции дрейссены и работы садкового комплекса [9–11].

Гидрохимический режим претерпел значительные изменения. Возросли такие показатели, как сумма ионов (от 220,4 до 266,5 мг/дм³), содержание магния (до 23,0), хлоридов (до 12,49), натрия (3,46 мг/дм³). Снизилось количество кальция (от 38,2 до 23,1) и сульфатов (от 20,47 до 12,4 мг/дм³). Резко возросло содержание минеральных форм азота, фосфатов. Рост фосфорной нагрузки в отдельные годы приводил экосистему озера на гипертрофный уровень [11].

В динамике количественных показателей фитопланктона с 2004 г. периоды интенсивной вегетации водорослей чередуются со значительным спадом численности и биомассы, что свидетельствует о нестабильном состоянии экосистемы водоема-охладителя. В последние два десятилетия летняя биомасса фитопланктона редко снижалась ниже 10 г/м².

Диатомовые водоросли вносили существенный вклад в биомассу фитопланктона. В разные годы на их долю приходилось от 13 % (2013 и 2016 годы) до 77 % (2003 г.) суммарной биомассы августовского фитопланктона.

Видовая принадлежность скелетонемы в оз. Лукомское была установлена в 2013 г. [12]. До этого момента (с 2009 г.) ее относили к нитчатым зеленым водорослям. С момента обнаружения скелетонемы в озере и вплоть до 2017 г. она постоянно присутствовала в планктоне, при этом относительная значимость диатомовых в общей биомассе фитопланктона в среднем за период исследования составляла 32 %.

Диатомовый комплекс в период нахождения скелетонемы возглавляли *Cyclotella ocellata* Pantocsek, средняя численность которой составляла 0,24–2,602 млн кл./дм³, *Fragilaria crotonensis* Kitton – 0,36–1,1; *Aulacoseira granulata* – 0,11–0,65; *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen – 0,16–2,56 млн кл./дм³. В 2019 г. *Skeletonema subsalsum* не была обнаружена.

Вегетация скелетонемы обычно наблюдалась с мая до начала сентября, однако максимального развития достигала в августе. В разные годы августовское значение численности колебалось в пределах 0,05–1,82 млн кл./дм³. Обычно наибольшие плотности были приурочены к горизонтам от 2 до 5 м с дальнейшим снижением численности к придонным горизонтам или полным отсутствием у дна. Максимум вегетации водоросли зафиксирован в 2009 г. на глубине 1 м в зоне с естественным температурным режимом, где ее численность достигала 2,43 млн кл./дм³ при этом средняя плотность в данной точке составила 1,75 млн кл./дм³.

На рисунке представлена зависимость развития водоросли от температуры. В озере Лукомское скелетонема обнаруживалась в планктоне с конца мая, когда температура воды достигала +16,5°C. По достижении температуры 18,7 °C вегетация скелетонемы усиливается. Максимальные значения зафиксированы при температуре 21,5 °C.



Рисунок – Численность *Skeletonema subsalsum* при разной температуре

Многолетние исследования экосистемы водоема-охладителя свидетельствуют об обратной зависимости развития водоросли от обеспеченности биогенными элементами. Максимального развития *Skeletonema subsalsum* достигала при минимально зафиксированных значениях суммы минеральных форм азота ($0,11\text{--}0,16\text{ мгN/дм}^3$) и фосфатов ($0,03\text{--}0,05\text{ мгN/дм}^3$).

Исследования 29 озер НП «Браславские озера», проведенные в период летней стагнации 2018–2020 гг., позволили выявить вид *Skeletonema subsalsum* в 10 озерах разных лимнических типов: слабоэвтрофных озерах Албеновское и Богинское; эвтрофных макрофитных озерах Неспишь, Недрово; эвтрофных, развивающихся по фитопланктонному типу озерах Болойсо, Золва, Милашковское, Поддворное; гипертрофных – Богдановское, Дубро. Это, в основном, небольшие (за исключением оз. Богинское, площадь которого составляет $13,23\text{ км}^2$, максимальная глубина $15,0\text{ м}$) неглубокие или мелководные водоемы. Максимальная численность скелетонемы отмечена в достаточно крупных озерах Богинское и Болойсо, где ее средняя по озеру численность составляла соответственно $0,319$ и $0,13$ млн кл./дм³. В оз. Богинское она была доминантом диатомового комплекса. Максимальная плотность в поверхностном слое воды – $1,125$ млн кл./дм³. В остальных озерах плотность популяций *Skeletonema subsalsum* укладывалась в пределы $0,002$ (Албеновское) – $0,055$ млн кл./дм³ (Золва). Находки скелетонемы в озерах Национального парка, по-видимому, будут продолжаться.

Таким образом, инвазивный вид *Skeletonema subsalsum* распространяется в озерах Беларуси. На примере многолетних исследований экосистемы водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС выявляются зависимости ее численности от температуры и обеспеченности биогенными элементами (максимальная численность при $21,5^\circ\text{C}$ и минимально зафиксированных значениях суммы минеральных форм азота и фосфатов).

Список литературы

1. Корнева Л.Г. Современные инвазии планктонных водорослей // Программа и тезисы докладов IV Международного симпозиума «Чужеродные виды в Голарктике» (Борок-4) 22–29 сентября 2013 года. – Ярославль: Филигрань, 2013. – С. 49–50.
2. Корнева Л.Г. Инвазии чужеродных видов планктонных водорослей в пресных водах Голарктики // Российский журнал биологических инвазий. 2014. №1. С. 9–36.
3. Рябушко Л.Н. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. – Севастополь: ЭКОСИ-гидрофизика, 2003. – 288 с.
4. Тарасова Н.Г., Буркова Т.Н. *Skeletonema subsalsum* (Cleve-Euler) Bethge. (Bacillariophyta) в Куйбышевском водохранилище и водоемах Нижней Волги // Программа и тезисы докладов IV Международного симпозиума

- «Чужеродные виды в Голарктике» (Борок-4) 22–29 сентября 2013 года. – Ярославль: Филигрань, 2013. – С. 58–60.
5. Михеева, Т.М. Инвазия чужеродных видов водорослей и новые для флоры Беларуси виды, обнаруженные в водоемах Национального парка «Припятский» / Т.М. Михеева, Е.В. Лукьянова // Современное состояние, тенденции развития, рациональное использование и сохранение биологического разнообразия растительного мира: материалы междунар. науч. конф. (Минск–Нарочь, 23–26 сентября 2014 г.) / Ред. кол.: А. В. Пугачевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2014. – С. 108–111.
6. Водоросли планктона водоемов и водотоков Национального парка «Припятский» / Т.М. Михеева, А.А. Свирид, Г.К. Хурсевич, Е.В. Лукьянова/Под ред. Т.М. Михеевой. – Минск: Право и экономика, 2016. – 325 с.
7. Михеева Т.М. Редкие, чужеродные, охраняемые и другие примечательные виды альгофлоры Беларуси. – Природные ресурсы. 2021, № 1. С. 108–126.
8. Свирид А.А., Шилько А.О., Ровная В.С., Абрамчик А.А. Диатомовые водоросли планктона старичного озера Плищин (Национальный парк «Припятский») // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе : материалы Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 22–23 окт. 2015 / Беларус. гос. пед. ун-т им. М. Танка ; редкол.: В.Н. Никандров [и др.] ; отв. ред. В.Н. Никандров. – Минск : БГПУ, 2015. – С. 53–54.
9. 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.
10. Самойленко В.М., Свирид А.А. Многолетние изменения фитопланктона водоема-охладителя // Альгология. – 2014. – 24(3). – С. 371–375.
11. Самойленко В.М., Свирид А.А. Фитопланктон водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС в условиях изменяющейся антропогенной нагрузки // Вопросы современной альгологии. 2020. № 2 (23). URL: <http://algology.ru/1637>
12. Оценка современного состояния и многолетней динамики абиотических и биотических показателей экосистемы оз. Лукомского – водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. Изучить кормовую базу и условия обитания рыб-планктофагов в водоеме-охладителе оз. Лукомское. Разработать рекомендации по зарыблению: отчет о НИР (промежут.). – БГУ; Рук. П.А. Митрахович. – Минск, 2013. – 53 с. – № ГР 20121541.