

Снитко Л.В., Снитко В.П. ©

Кандидаты биологических наук, старшие научные сотрудники биологического отдела,
ФГБПН «Ильменский государственный заповедник»

ФИТОПЛАНКТОН МЕЛКОВОДНОГО ПРЕСНОГО ОЗЕРА СЕРЕБРЫ В ЗОНЕ ИМПАКТА ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Аннотация

В составе фитопланктона мелководного озера Серебры, находящегося под воздействием промышленного загрязнения, выявлено 137 таксонов водорослей рангом ниже рода из 8 отделов. Основу биомассы составляют зеленые и диатомовые водоросли, отмечены всплески численности цианобактерии. Сезонная динамика и уровень биомассы фитопланктона носят мезотрофный характер, что отличается от трофического статуса пресных мелководных озер региона и обусловлено деэвтрофирующим воздействием загрязнений и acidификации в зоне импакта.

Ключевые слова: фитопланктон, состав, биомасса, Южный Урал, трофический статус, качество воды, воздействие импакта геотехнической системы.

Keywords: phytoplankton, composition, biomass, South Ural, trophic state, water quality, the impact geotechnical system.

Фитопланктон, как первичное звено биоты, наиболее быстро реагирует на техногенное загрязнение, изменяя свою структуру, что, в свою очередь, также воздействует на качество воды в водоеме.

Разнообразие сообществ фитопланктона увеличивается с ростом трофии вод, достигая максимума в мезотрофных водоемах. При дальнейшем увеличении продуктивности водоема биоразнообразие падает при росте биомассы фитопланктона, развития достигают немногочисленные виды микроводорослей [1]. В случае комплексного антропогенного воздействия, имеющего биогенную составляющую и токсическую нагрузку тяжелых металлов, эвтрофирование и характерная сукцессия сообществ фитопланктона может замедляться и иметь нетипичный облик.

Цель данной работы – анализ межгодовых и сезонных изменений структуры фитопланктона и трофического статуса мелководного озера в условиях воздействия комплексного биогенного и техногенного загрязнения.

Для исследований использовали материалы, собранные на малом лесном озере Серебры в зоне импакта Карабашской горно-технической системы (ГТС). Водоем расположен в лесной зоне восточного макросклона Южного Урала и принадлежит Тоболо-Исетскому (Обскому) бассейну, мелководный с глубиной до 4 м. Водное питание озера осуществляется за счет поверхностного притока с загрязненного азральными выбросами водосбора, подземными грунтовыми водами и атмосферными осадками. Наибольшее загрязнение озера происходит техногенными кислыми водами-рассолами, образованными окислением сульфидов в отходах добычи руды. Выпадение высокоминерализованных осадков и техногенных рассолов из поверхностного и подземного стока приводит к неустойчивому гидрохимическому режиму в озере: в поровых водах донных отложений отмечены рН 3,0–3,5 и сверхвысокие концентрации меди, цинка, свинца, кадмия [2; 3].

Отбор проб фитопланктона осуществляли батометром Паталаса объемом 1 л в периоды открытой воды с мая по октябрь 2010-2013 гг. ежемесячно, в подледный период пробы отбирали в 2015 г. Пробы концентрировали с помощью мембранных фильтров размером пор 1 мкм или применяли фильтрацию через полиамидное сито размером пор 14

мкм. Фиксировали пробы раствором Люголя с добавлением ледяной уксусной кислоты. Современные номенклатурно-таксономические понятия и объем видов планктонных водорослей представлены согласно информации, имеющейся в электронной базе данных [4]. При отборе проб фитопланктона брали воду на гидрохимический анализ, аналитические работы выполнены в Южно-Уральском центре коллективного пользования по анализу минерального сырья (аттестат аккредитации № РОСС RU.001.514536). Некоторые гидрохимические показатели поверхностного слоя воды, где вегетирует наибольшее количество микроводорослей планктона, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гидрохимические показатели озера Серебры в период исследований 2010-2015 гг.

pH	Цветность, Pt-Co	Удельная электропроводность мS/см	Минерализация, (мг/дм ³)	Редокс-потенциал, mV	Медь, (мг/дм ³)	Цинк, (мг/дм ³)	Фосфор общий, (мг/дм ³)	Азот общий, (мг/дм ³)
3,5–7,1	9,0–13,5	153,8–164,6	115,0–130,0	+321–400	0,009–2,220	0,021–4,140	0,057–0,110	0,158–0,328

Озеро Серебры по значениям цветности воды принадлежат к олиго-мезогумозному типу, по уровню минерализации – пресному. Вода периодически подвергается ацидификации, но поверхностный слой воды, где обитает наибольшее количество организмов фитопланктона, можно отнести к олигоацидным в период открытой воды, а в подледный период к мезоацидным. По уровню трофии, определяемой по содержанию общего фосфора и азота, водоем относится к мезо-эвтрофному. По содержанию загрязняющих тяжелых металлов – вне природной классификации и относится к техногенным. Вода озера Серебры имеет высокий уровень редокс-потенциала и обладает высоким окислительным свойством (таблица 1).

В составе альгофлоры оз. Серебры за период исследования выявлено 137 таксонов планктонных водорослей рангом ниже рода, принадлежащих 8 отделам (таблица 2).

Таблица 2

Таксономический состав фитопланктона оз. Серебры

Таксоны водорослей фитопланктона		
Отделы	Классы, порядки	Количество видов с разновидностями и формами
Cyanophyta	Croococophyceae	2 (2)
	Hormogoniophyceae Oscillatoriales	5 (5)
	Hormogoniophyceae Nostocales	2 (2)
	Всего Cyanophyta:	9 (9)
Euglenophyta		13 (15)
Dinophyta		7 (7)
Cryptophyta		1 (1)
Chrysophyta		0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	7 (8)
	Fragilariophyceae	8 (9)
	Bacillariophyceae	14 (16)
	Всего Bacillariophyta:	29 (33)
Xanthophyta		4 (4)

Chlorophyta*	Ulotrichales	1 (1)
	Chlamidomonadales	2 (2)
	Volvocales	2 (2)
	Chlorococcales	2 (2)
	Sphaerophorales	24 (36)
	Chaetophorales	0
	Chlorellales	8 (8)
	Всего Chlorophyta:	39 (51)
Streptophyta	Zygnematales	0
	Desmidiiales	11 (11)
	Всего Streptophyta	11 (11)
Всего		113 (137)

* принято разделение отдела Chlorophyta на 3 класса

В видовой структуре фитопланктона оз. Серебры из зоны импакта Карабашской ГТС наиболее разнообразно представлены зеленые и диатомовые водоросли. Основу фитоценозов формировали диатомовые водоросли, в состав которых входили 33 вида и внутривидовых таксона, преимущественно планктонные формы: наибольшей встречаемостью характеризовались *Asterionella formosa* Hass. (57 %), *Aulacoseira italica* var. *italica* (Kütz.) Simonsen (52 %), *Fragilaria crotonensis* Kitt. (44 %), *Synedra acus* Kütz. (41 %). Зеленые и стрептофитовые водоросли насчитывают 50 видов (62 с внутривидовыми таксонами), также составляют основу фитоценозов озера. Наибольшей встречаемостью отличаются виды *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh. var. *boryanum* (65 %), *P. boryanum* var. *cornutum* (Racib.) Sulek (67%), *P. duplex* Meyen var. *duplex* (59 %), *Dictyosphaerium pulchellum* H. C. Wood var. *pulchellum* (54 %). Виды рода *Pediastrum* встречались и в подледный период в озере, когда наблюдали снижение уровня pH до 5. Позднеосенняя и подледная вегетация форм вида *P. boryanum* была массовой, что также наблюдалось в кислотных озерах других регионов [5].

В исследуемом водоеме не обнаружены золотистые водоросли, составляющие основу фитоценозов в озерах региона [6].

В биогеографическом отношении основу планктонной альгофлоры озера составляют космополитные широко распространенные виды (85 видов, 69 %). По отношению к солености воды из видов с известной галообной характеристикой большая часть (58) принадлежит олигогалабам и индифферентам. Встречаются с заметной численностью галофилы (*Cyclotella meneghiniana* Kützinger, *F. crotonensis*). По отношению к pH среды большая часть видов водорослей относится к индифферентам, часто встречаются ацидофильные виды (виды родов *Closterium*, *Ulothrix*), отмечены алкалофилы (*Aulacoseira*).

Данные многолетних наблюдений свидетельствуют о незначительных межгодовых изменениях таксономического состава фитопланктона, что подтверждается высокими коэффициентами флористического сходства от 60 % до 89 %. В структуре доминирующего комплекса фитопланктона прослеживаются межгодовые изменения.

В сезонной динамике развития фитопланктона оз. Серебры отмечены три максимума: весенний, летний, осенний, что характерно для мезотрофного состояния водоема [1]. Сезонные максимумы биомассы фитопланктона имеют большие межгодовые отличия, что обусловлено, вероятно, неустойчивым гидрохимическим режимом водоема (Таблица 3).

Таблица 3

Биомасса фитопланктона оз. Серебры

Месяц ы	I	III	V	VI	VII	IX	X	XI
Биома сса,	0,08±0,02	0,10±0,03	4,33±1,05	1,70±0,53	4,23±1,16	3,14±0,40	5,13±2,30	1,01±0,30

мг/дм ³								
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Весенний максимум биомассы фитопланктона отмечен в третьей декаде мая, развиваются диатомеи *A. italica*, *S. acus*, нарастает численность зеленых водорослей рода *Pediastrum*, не прекращавших вегетацию подо льдом в зимний период. Летний максимум биомассы относительно невысокий и обусловлен одним видом цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae* (Lemmerm.) Ralfs, в отличие от других малых озер региона, где летний пик развития фитопланктона превышает остальные и вегетирует целый комплекс Cyanophyta. Вклад в летнюю биомассу вносят также эвглениды – виды рода *Trachelomonas*. Осенний максимум биомассы фитопланктона происходит в октябре и обусловлен не только диатомовыми водорослями, как в других водоемах региона в этот период сезона, но и зелеными водорослями рода *Pediastrum* (разнообразные формы видов *P. duplex*, *P. boryanum*, наиболее многочисленна форма *P. boryanum* var. *longicorne* Reinsch.), достигавшими численности свыше 1 миллиона клеток в литре (16.10.2011), также *Dictyosphaerium anomalum* Korschikov, *D. pulchellum* H. C. Wood var. *pulchellum*. Осенью, в отличие от других водоемов региона, в оз. Серебры отсутствует развитие цианобактерий, что мы связываем с периодической ацидификацией водоема атмосферными осадками и поверхностным стоком.

В связи с более низким развитием цианобактерий и других высокосапробных видов, качество воды в оз. Серебры, обусловленное численностью фитопланктона, оказывается более высоким, чем в однотипных пресноводных озерах.

Таким образом, фитопланктон оз. Серебры в зоне импакта ГТС существенно отличается от фитопланктона однотипных озер региона следующими характеристиками: невысокое видовое разнообразие цианобактерий (9 видов); отсутствие широко распространенных в регионе золотистых водорослей; доминирование в альгоценозах и высокая биомасса зеленых водорослей; уровень средней биомассы фитопланктона ($2,84 \pm 0,08$ мг/дм³) соответствующий мезотрофии; сезонная динамика биомассы фитопланктона с 3 максимумами мезотрофного характера. Мы связываем более низкий трофический статус, определяемый по развитию фитопланктона, у оз. Серебры (мезотрофия) по сравнению с однотипными пресноводными озерами региона, соответствующими эвтрофии, деэвтрофирующим воздействием техногенного загрязнения тяжелыми металлами и ацидификацией водоема.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-12-5-12.

Литература

1. Trifonova I.S. Phytoplankton composition and biomass structure in relation to trophic gradient in some temperate and subarctic lakes of north-western Russia and the Prebaltic // *Hydrobiologia*. – 1998. – P. 99–108.
2. Удачин В.Н., Вильямсон Б., Аминов П.Г. Геохимия геотехнических систем Южного Урала // *Естественные и технические науки*. – 2009. – № 6. – С. 298–306.
3. Аминов П.Г. Биогеохимия тяжелых металлов при горнопромышленном техногенезе (на примере Карабашской геотехнической системы, Южный Урал) / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Новосибирск. – 2010. – 17 с.
4. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway, searched on 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.algaebase.org>
5. Almer B., Dickson W., Ekstrum C., Hurnstrum E. Effects of acidification on Swedish lakes // *Ambio*. – 1974. – № 1. – P. 30–36.
6. Снитько Л.В. Экология и сукцессии фитопланктона озер Южного Урала. ИГЗ УрО РАН. 2009. 367 с.