



Гидробиологическое общество при Российской
академии наук (ГБО при РАН)



ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет» (КГТУ)



Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН



Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийского научно-
исследовательского института рыбного хозяйства и
океанографии» (АтлантНИРО)



Научный совет по гидробиологии и ихтиологии РАН

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАНКТОНОЛОГИИ

IV ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ МАТЕРИАЛЫ



**25-30 сентября 2022 г.
г. Светлогорск
(Калининградская область)**

Калининград
2022

К. И. Абрамова, Д. С. Любарский, Р. П. Токинова
(Институт проблем экологии и недропользования,
Казань, Татарстан, Россия)
kseniaiv@yandex.ru

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗ. КОМСОМОЛЬСКОГО (Г. КАЗАНЬ) ПОСЛЕ ДНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Приводятся результаты исследований по восстановлению экосистемы оз. Комсомольского после проведения в 2019 г. мероприятий по его экологической реабилитации, включающих дноочистительные работы. Анализируются показатели сообществ фитопланктона (таксономический состав, численность и биомасса) и данные дешифровки спутниковых снимков (NDVI).

Ключевые слова: фитопланктон, озеро Комсомольское, дноочистительные работы, NDVI

Городские водоемы, выполняющие важные рекреационные и природно-эстетические функции, нуждаются в контроле за их экологическим состоянием и факторами, оказывающими воздействие на качество их вод. В ряде случаев для восстановления водоемов с нарушенным экологическим благополучием требуется проведение реабилитационных мероприятий. Несмотря на большое разнообразие методов, предлагаемых для реабилитации водоемов, существуют противоречивые мнения по их эффективности [Павлова и др., 2011; Рубцова, Алёмов, 2011; Герасимов, Синицкий, 2015].

Озеро Комсомольское (Комсомольский бассейн) находится в черте города Казани (Татарстан) – одного из крупных центров в Среднем Поволжье. Озеро представляет собой искусственно созданный в конце 50-х годов прошлого века бессточный водоем (площадь водной поверхности 1,73-1,76 га, средняя глубина 2,5 м), уровень воды в котором поддерживается закачиванием подземных вод из водозаборной скважины. По имеющимся в литературе данным, в начале 2000-х годов фитопланктон озера был сформирован преимущественно зелеными водорослями (на 68%), по уровню биомассы сообщества водоем характеризовался как мезотрофный [Экология города Казани, 2005]. За период своего существования озеро приобрело природоохранную ценность, обусловленную вселением редких видов харовых водорослей (*Chara contraria* Br. ex Kütz. и *Chara globularis* Thuill.) и пузырчатки обыкновенной (*Utricularia vulgaris* L.), нуждающейся в постоянном контроле и наблюдении на территории Татарстана [Токинова и др., 2019; Токинова, Сергеев, 2019].

Население использует озеро для купания, отдыха на его берегах и ловли рыбы, для подкормки водоплавающих птиц. Вместе с тем, по санитарно-гигиеническим показателям вода в озере не удовлетворяет нормативам, в донных отложениях, мощность которых на отдельных участках достигала 54 см, имелись превышения фонового содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов; в подледный период регулярно отмечались высокие концентрации сероводорода и массовая гибель рыбы [Иванов и др., 2019; Токинова, Сергеев, 2019]. В связи с чем, летом 2019 г. на озере был проведен комплекс мероприятий по экологической реабилитации озера, включающий удаление донных отложений по технологии «Geotube». Дноочистительные работы довольно часто применяются в подобной практике, так как оказывают мощное оздоровительное влияние на экосистему водоема и качество воды. Вместе с тем, механическое воздействие на планктонные и бентосные сообщества может приводить к существенному изменению функционирования экосистемы водоема. Во избежание снижения уровня видового разнообразия и для сохранения популяций редких видов флоры в центральной части озера был оставлен нетронутым участок дна (около 25-30% от площади озера) с зарослями харовых водорослей. В последующий период проводились наблюдения за восстановлением растительных сообществ, прозрачностью и цветом воды, состоянием планктонных сообществ.

Целью данной работы является наблюдение за восстановлением таксономического состава и количественных показателей фитопланктона в оз. Комсомольское после дноочистительных работ. Исследования проведены в вегетационный период 2020-2021 гг. Сбор и обработка материала выполнены в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методами. Для оценки восстановления экосистемы озера по сравнению с предшествующим периодом было проведено дешифрование спутниковых снимков Landsat 7 и Landsat 8 и рассчитан нормализованный вегетационный индекс NDVI [Катаев, Бекеров, 2017].

Как показали результаты исследований, на следующий год после выполненных работ (июнь 2020 г.) в озере отмечено массовое развитие золотистых (95% от общей численности и 40% от общей биомассы, с доминированием *Dinobryon divergens* Imhof) и динофитовых водорослей (40% от общей биомассы, *Parvodinium umbonatum* (Stein) Carty), что обусловило изменение цвета воды на желтовато-коричневый. Общая численность фитопланктона при этом превысила 30 млн кл./л, биомасса составила 5,5 мг/л. Доля сопутствующих отделов планктонных водорослей (криптофитовых, диатомовых и зеленых) не превышала 10% от общей. Количественное развитие фитопланктона соответствовало эвтрофным условиям. Показатели видового разнообразия альгоценоза соответствовали низким значениям – всего встречено 18 видов, индекс Шеннона составил 1,69 бит/экз., индекс Пиелу – 0,53. Согласно индексу сапробности (1,86) водоем относился к β -мезосапробной зоне (умеренно-загрязненные воды).

В тот же период 2021 г. (июнь) в структуре фитопланктона произошли изменения. Его основу составили зеленые (с преобладанием *Crucigenia rectangularis* (Näg.) Gay, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb.) и диатомовые водоросли (*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Comp.). Цвет воды восстановил зеленоватый оттенок. Повысились показатели видового разнообразия (42 вида, индекс Шеннона составил 2,39 бит/экз., индекс Пиелу – 0,85). Уровень биомассы фитопланктона соответствовал мезотрофным условиям. Проведение наблюдений за количественными показателями фитопланктона на протяжении всего вегетационного сезона 2021 г. показало, что они изменялись в диапазоне 5,0-25,2 млн кл./л и 1,8-9,1 мг/л. Средне вегетационная численность при этом составила $13,7 \pm 1,5$ млн кл./л, биомасса – $3,7 \pm 0,5$ мг/л. Основу альгоценоза формировали зеленые (49% численности и 15% биомассы от средне сезонных значений) и диатомовые (22% и 45%) водоросли. Доля золотистых водорослей в численности фитопланктона значительно возрастала в мае (52%) и сентябре (59%), но в абсолютных значениях не превышала 11,0 млн кл./л.

Вегетационный индекс NDVI, как показатель количества фотосинтетической активной биомассы, все чаще используется в работах для оценки развития фитопланктона [Zhao, 2003; Gao et al., 2015] и мониторинга процессов эвтрофирования водоемов [Tian et al., 2010]. По данным спутниковых снимков за 2018-2021 гг. в пределах границ оз. Комсомольского наблюдалось варьирование средних значений NDVI от максимального в 2018 г. (0,18) до минимального в 2019 г. (-0,07), обусловленного как снижением уровня воды в озере, так и понижением прозрачности воды из-за взмучивания донных отложений (таблица 1). В последующий период отмечается возрастание значений вегетационного индекса до 0,11, указывающее на постепенное восстановление фотосинтетической активной фитопланктонных сообществ к дореабилитационному уровню.

Таблица 1 – Изменение значений вегетационного индекса (NDVI) в июне 2018-2021 гг.

Показатель	Год наблюдений			
	2018	2019	2020	2021
Среднее значение NDVI	0,18	-0,07	0,08	0,11
Диапазон значений	0,02-0,47	-0,21-0,14	-0,08-0,35	-0,08-0,39

Можно заключить, что значительное восстановление основных структурных и биоиндикационных показателей состояния сообществ фитопланктона наблюдается уже на второй год после проведения дноочистительных мероприятий. Предположительно, этому мог способствовать щадящий подход к проведению реабилитации водоема – применение экологосберегающих технологий по очистке дна и сохранение фрагментов фитоценозов для последующего восстановления гидробиологических сообществ озера.

Библиографические ссылки

Герасимов Ю. Л., Сеницкий А. В. Ракообразные в городском пруду после его чистки // Биоэкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы. Матер. 4-й Междунар. научно-практ. конф. Самара, 2015. С. 118-123.

Иванов Д. В., Зиганшин И. И., Валиев В. С., Хасанов Р. Р., Маланин В. В., Марасов А. А., Шамаев Д. Е., Паймикина Э. Е. Характеристика донных отложений озера Комсомольское // Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Матер. II Междунар. конф., 2019. С. 93-98.

Катаев М. Ю., Бекеров А. А. Методика обнаружения водных объектов по многоспектральным спутниковым измерениям // Доклады ТУСУРа, 2017. Т. 20, №4. С. 105-108.

Павлова О. А., Афанасьева А. Л., Игнатьева Н. В. Биоиндикация по фитопланктону состояния водоемов Санкт-Петербурга после дноочистительных мероприятий // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Сборн. тез. докл. II Междунар. конф. СПб., 2011. С. 121.

Рубцова С. И., Алёмов С. В. Влияние дноочистительных работ на экологическое состояние портовых акваторий // Морской экологический журнал. 2011. №2. С. 81-87.

Токинова Р. П., Любарский Д. С., Буторова Л. Е. Особенности населения макрофитов и фитофильной фауны в озере Комсомольское (г. Казань) в зимний период // Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Матер. II Междунар. конф., 2019. С. 341-345.

Токинова Р. П., Сергеев А. С. О причинах массовой гибели рыбы в озере Комсомольское (г. Казань) // Сборн. трудов X Междунар. конгресса «Чистая вода. Казань» (г. Казань, 17-19 октября 2019 г.). Казань: ООО «Новое знание», 2019. С. 119-122.

Экология города Казани. Казань: «Фэн» АН РТ, 2005. 576 с.

Gao G., Liu H., Gu Y., Jia X. Normalized difference phytoplankton index (NDPI) and spatio-temporal cloud filtering for multitemporal cyanobacteria pollution analysis on Erie Lake in 2014 // 8th Intern. Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images. 2015. P. 1-4.

Tian Y. Q., Yu Q., Zimmerman M. J. et al. Differentiating aquatic plant communities in a eutrophic river using hyperspectral and multispectral remote sensing // Freshwater Biology. 2010. Vol. 55, №8. P. 1658-1673.

Zhao D. Application of NDVI to detecting algal bloom in the Bohai Sea of China from AVHRR // Ocean Remote Sensing and Applications. SPIE, 2003. Vol. 4892. P. 241-246.

УДК 595.34-13:582.276

Л. О. Аганесова

(Институт морских биологических исследований
им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия)
cope-lara@mail.ru

РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОПЕПОД

ARCTODIAPTOMUS SALINUS И CALANIPEDA AQUAEDULCIS ПРИ ПИТАНИИ МИКРОВОДОРОСЛЯМИ DINOPHYCEAE И CRYPTOPHYCEAE

В экспериментальных условиях определены продукционные характеристики лабораторных популяций солоноватоводных копепод при кормлении их монокультурами микроводорослей двух разных таксономических групп (Dinophyceae и Cryptophyceae). Значимые показатели высокой выживаемости, минимальной длительности развития и наименьшего количества самцов копепод *Arctodiaptomus salinus* наблюдали при питании *Rhodomonas salina*; высокий уровень абсолютной плодовитости – при питании *Prorocentrum cordatum*, максимальный процент выклева – *Prorocentrum micans*. Достоверно высокий уровень абсолютной плодовитости и наибольший процент выклева *C. aquaedulcis* отмечены при питании *P. cordatum*; высокая выживаемость – *P. cordatum* и *Heterocapsa niei*, минимальная длительность развития – *P. cordatum* и *R. salina*.

Ключевые слова: *Arctodiaptomus salinus*, *Calanipeda aquaedulcis*, копеподы, Dinophyceae, Cryptophyceae, микроводоросли, питание, развитие, выживаемость