



УДК 574.581

ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕРА НИЖНИЙ КАБАН (Г. КАЗАНЬ) В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ФИТО-ОЧИСТНОЙ СИСТЕМЫ

Абрамова Ксения Ивановна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института проблем экологии и недропользования АН РТ 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28

Любарский Дмитрий Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института проблем экологии и недропользования АН РТ 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28

Токинова Римма Петровна, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института проблем экологии и недропользования АН РТ 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28

Работа выполнена в рамках темы НИР: «Основные принципы и подходы к сохранению биологического разнообразия водных объектов на территории крупных промышленных городов (на примере г. Казани)»

Аннотация. Приводятся результаты исследований фитопланктона озера Нижний Кабан (г. Казань) в районе деятельности фито-системы по очистке природных вод. Анализируются таксономический состав, количественные показатели фитопланктона и их изменения при прохождении озерной воды через каскад очистных прудов с высшей водной растительностью.

Ключевые слова: фитопланктон, фито-очистное сооружение, озеро Нижний Кабан.

Озеро Нижний Кабан расположено в центральной, исторической части г. Казани и в период промышленного развития и становления городского хозяйства подвергалось значительному антропогенному загрязнению. В 1981–1987 гг. на озере был проведен ряд оздоровительных мероприятий (изъятие донных отложений, создание временной проточности и аэрирование, снижение внешней токсифицирующей нагрузки, благоустройство берегов), направленных на выведение озерной экосистемы из кризисного состояния, в котором она оказалась к началу 1980-х годов. В после-оздоровительный период на озере проводились гидробиологические исследования с целью оценки эффективности принятых мер и темпов восстановления экосистемы. В качестве одного из наиболее показательных критериев при этом была выбрана структура фитопланктона. Так, в период 1995–2000 гг. основу количественных показателей фитопланктона в озере формировали зеленые (*Coelastrum microporum*, *Monoraphidium irregulare*), диатомовые (*Stephanodiscus hantzschii*) и синезеленые (*Aphanizomenon flos-aquae*, *Lyngbya limnetica*) водоросли [1]. Трофический статус озера, оцениваемый по средне-вегетационной

биомассе фитопланктона (0.69–5.26 мг/л), характеризовался как мезотрофно-эвтрофный, а уровень органического загрязнения указывал на принадлежность водоема к α - и β -мезосапробной зоне. В последующих исследованиях (июнь 2011 г.), в озере были зафиксированы высокие количественные показатели фитопланктона, численность – до 287 млн. кл./л и биомасса – до 27 мг/л; доминантами летних комплексов при этом выступали цианопрокариота *Planktothrix agardhii* и динофитовая водоросль *Ceratium hirundinella* [2].

В современный период воды оз. Нижний Кабан по гидрохимическим показателям относятся к «экстремально загрязненным» (5 класс качества, УКИЗВ=6.5). К критическим показателям загрязненности относятся концентрации в воде нитритов, сульфатов, меди, цинка и фенолов [3].

В рамках Программы развития общественных пространств, реализуемой в последние годы в Республике Татарстан, на оз. Нижний Кабан было выполнено обустройство набережных с возведением двух комплексов фито-очистных сооружений (ФОС) по очистке природных вод озера, загрязняемых ливневой канализацией и поверхностным стоком. Первый из комплексов ФОС введен в эксплуатацию в июне 2018 г., в его прудах были высажены растения, зарекомендовавшие себя как хорошие очистители воды. Системы очистки поверхностных вод с помощью высшей водной растительности имеют широкое применение в мировой практике [4, 5]. Одной из важных задач при внедрении фитотехнологий является оценка эффективности их деятельности, в том числе по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [6].

Цель данной работы – анализ состава и количественных показателей фитопланктона оз. Нижний Кабан в районе действия фито-системы и особенности его формирования в каскаде биопрудов в первый год эксплуатации ФОС.

Материалом для работы послужили пробы фитопланктона, отобранные с июля по сентябрь 2018 г. на двух участках: у северо-западного берега оз. Нижний Кабан, в месте забора воды для ФОС (озеро, глубина 0.5–1 м) и в прудах ФОС (пруд 4 с *Typha angustifolia* и пруд 7 с *Acorus calamus*). Схема расположения каскада из семи прудов, их характеристика представлены в ранее опубликованной работе [6]. Исследования проводились с частотой 1 раз в 7–14 дней. Всего отобрана 21 проба, сбор и обработка которых проведена по общепринятой методике [7]. Для идентификации видовой принадлежности водорослей использованы руководства серии «Определитель пресноводных водорослей СССР». К доминирующим видам/отделам отнесены таксоны, численность/биомасса которых составляла не менее 10% от общей. Для оценки качества воды использовали индексы сапробности [8]. Трофическое состояние воды оценивалось по содержанию фосфора, согласно классификации Vollenveider [9]. Так, концентрация общего фосфора, 50 ± 11 мкг/л (среднее значение за период наблюдений), указывает на принадлежность исследованного участка северо-западной части озера к эвтрофной зоне.

Таксономический состав. В пробах фитопланктона идентифицировано 42 таксона рангом ниже рода из 6 отделов: Chlorophyta – 23, Cyanoprokaryota и Bacillariophyta – по 7, Cryptophyta – 3, Dinophyta и Euglenophyta – по 1. Все обнаруженные виды широко распространены в водоемах Волжского бассейна, являются космополитами. Наибольшее видовое разнообразие отмечено среди Chlorophyta, на втором и третьем местах – Cyanoprokaryota и Bacillariophyta. На исследованных участках число видов варьировало в пределах 27–33, таксономический состав на них был схожим.

Состав доминантов в фитопланктоне формировался за счет представителей цианопрокариот, зеленых, криптофитовых, диатомовых, эвгленовых и динофитовых водорослей, ведущая роль которых изменялась во временной динамике и по участкам. Среди цианопрокариот преобладали три основных вида – *Merismopedia tenuissima*, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Planktothrix agardhii*, с локальным присоединением *Gomphosphaeria lacustris* и *Pseudanabaena limnetica*. Из зеленых водорослей основной вклад в количественные показатели вносили *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Tetrastrum glabrum*, *Binuclearia lauterbornii*, *Crucigeniella rectangularis*; из криптофитовых – *Chroomonas acuta*, из диатомовых – *Ulnaria ulna*; из эвгленовых –

Trachelomonas volvocina, из динофитовых – *Ceratium hirundinella*. Сходство комплексов доминирующих видов на исследуемых участках составило 70–85%.

Количественное развитие. На протяжении периода исследований в оз. Нижний Кабан, на участке забора воды для ФОС, численность фитопланктона изменялась от 7.3 до 292.4 млн. кл./л., биомасса – от 0.88 до 56.15 мг/л. (рис. 1). Максимальные показатели численности отмечены в последней декаде июля при обильном развитии цианопрокариот и зеленых водорослей. Из первых в доминирующий комплекс вошла *M. tenuissima*, мелкоклеточный донно-планктонный вид, обитатель обрастаний. Доля этого вида в численности весь июль не опускалась ниже 58%, при пиковых значениях фитопланктона достигая 81%. Несмотря на высокую численность *M. tenuissima*, общая биомасса фитопланктона при этом была невелика и находилась на уровне 2.01–3.61 мг/л. Доминантами по биомассе выступали зеленые водоросли *C. microporum* (21–42%) и *S. quadricauda* (10–68%), предпочитающие мелководные зоны.

В августе наблюдается постепенное снижение обилия фитопланктона, *M. tenuissima* и *S. quadricauda* снижают свое количественное присутствие. При этом, в численности и биомассе увеличивается доля других видов, цианопрокариот *P. limnetica*, *Aph. flos-aquae*, зеленых водорослей *C. rectangularis*, *T. glabrum* и диатомовых водорослей *U. ulna*. Биомасса озерного фитопланктона, как и в предшествующий месяц, остается в пределах низких значений 0.88–1.97 мг/л.

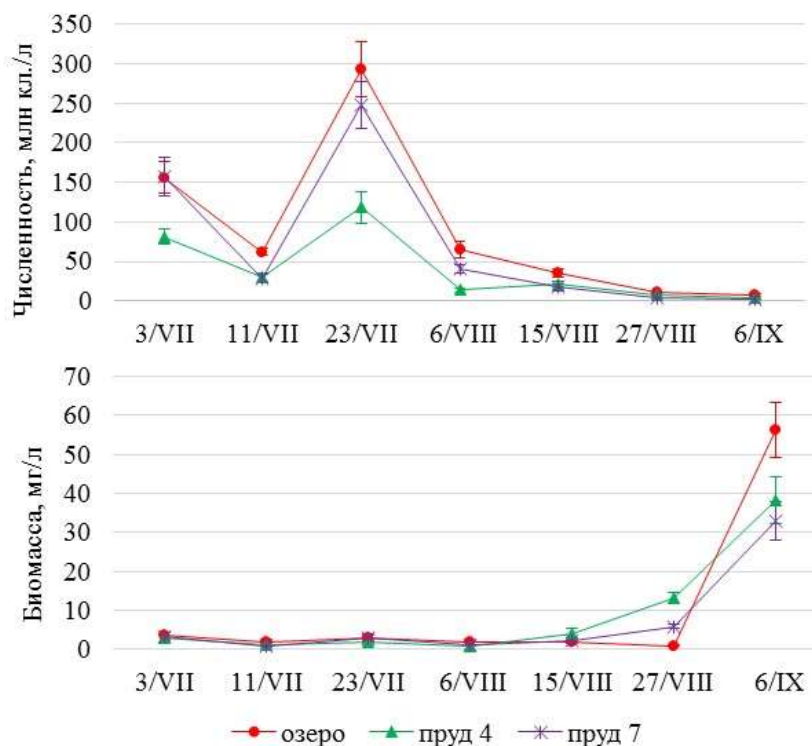


Рис. 1. Динамика количественных показателей фитопланктона на исследованных участках

Появление в первой декаде сентября динофитовых способствует значительному увеличению биомассы фитопланктона до своих максимальных значений – 56.15 мг/л. На 93% это происходит за счет *C. hirundinella*, обладающего «тяжеловесным» панцирем из кремниевых пластинок. Численность фитопланктона при этом опускается до минимума. В состав доминирующего комплекса в этот период входят *P. agardhii* (43%), *Aph. flos-aquae* (25%) и *C. hirundinella* (21%).

В каскаде биопрудов ФОС в первый месяц после их запуска (июль), структура фитопланктона трансформируется незначительно. Таксономический состав доминантного комплекса видов и пик количественного развития повторяют таковые

озерного комплекса, при сокращении общей численности и биомассы планктонного сообщества. В последующий месяц (август), по мере увеличения проективного покрытия высших водных растений в прудах до 60% и более [6], наблюдается формирование отличных от озерных сообществ фитопланктона с доминированием динофитовых водорослей *C. hirundinella* (15.VIII–27.VIII) (рис. 2). Обусловлено это, предположительно, увеличением площади субстратов культивируемых макрофитов, способствующих закреплению крупноклеточных планктонных водорослей и их последующему локальному росту.

Биоиндикация уровня органического загрязнения вод. Доля видов-индикаторов сапробности в изученных пробах составила более 80% от общего числа таксонов, среди видов-индикаторов преобладают β -мезосапробы. Индикаторными являются все установленные виды-доминанты, что позволило провести оценку сапробиологического состояния исследуемых участков. По содержанию в воде органических веществ условия на обоих участках соответствовали β -мезосапробной зоне (умеренно загрязненные воды) (табл.). Сравнение полученных нами данных с предшествующими исследованиями [2] показало, что уровень органического загрязнения воды в озере за прошедший период остался в пределах тех же значений – 1.9–2.1.

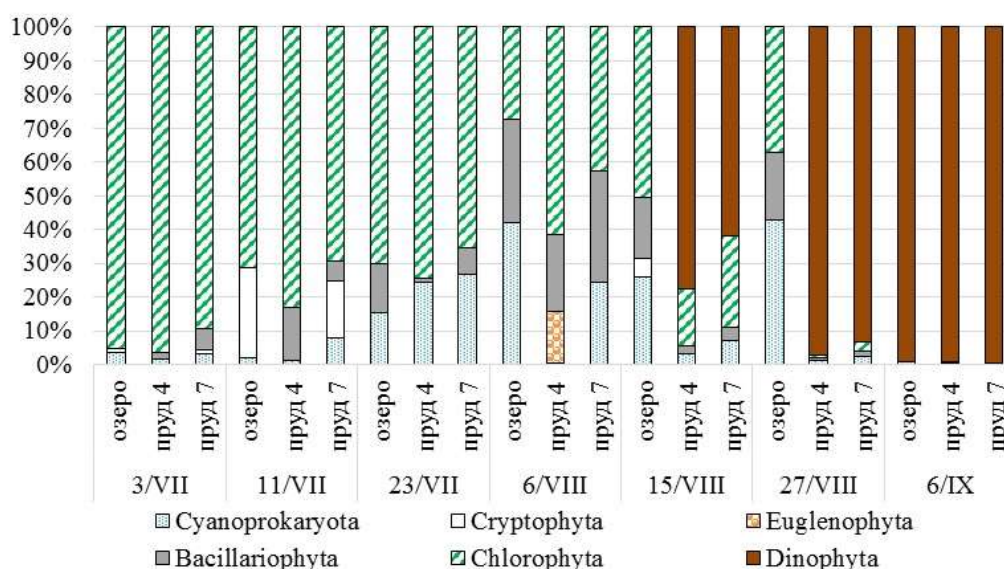


Рис. 2. Доля таксономических групп от общей биомассы фитопланктона на исследованных участках (по оси абсцисс расположены участки и даты исследований)

Таблица

Индексы сапробности и уровень загрязнения воды в оз. Нижний Кабан и прудах ФОС

Участки	Озеро			Пруд 4			Пруд 7		
	VII	VIII	IX	VII	VIII	IX	VII	VIII	IX
Месяц наблюдений	VII	VIII	IX	VII	VIII	IX	VII	VIII	IX
Индекс сапробности	2.32	1.92	1.74	2.28	1.90	1.90	2.19	2.05	1.80
Среднее значение	1.99			2.02			2.01		
Уровень загрязнения воды	Умеренно загрязненные			Умеренно загрязненные			Умеренно загрязненные		
Зона сапробности	β -мезосапробная			β -мезосапробная			β -мезосапробная		

Заключение. В северо-западной части оз. Нижний Кабан (2018 г.) доминирующий комплекс видов фитопланктона формируется, в основном, за счет представителей цианопрокариот, зеленых и динофитовых водорослей. В июле-сентябре динамика пиков общей численности и биомассы фитопланктона разделена по времени. Максимум

численности, обусловленный массовой вспышкой мелкоклеточных форм цианопрокариот *Merismopedia tenuissima*, отмечен в последней декаде июля; максимум биомассы – в сентябре, когда наблюдался рост популяции крупноклеточной динофитовой водоросли *Ceratium hirundinella*.

В каскаде биопрудов фито-системы в первый год ее эксплуатации, структура фитопланктона трансформировалась незначительно. Таксономический состав доминантного комплекса видов и пики количественного развития повторяли таковые озерного комплекса. Кратковременно наблюдалось формирование отличных от озерных сообществ фитопланктона с доминированием *C. hirundinella*.

Список литературы:

1. Бариева Ф.Ф. Изменение фитопланктона при антропогенном воздействии и восстановлении озерных экосистем (на примере озер г. Казани). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Казань, 2003. – 24 с.
2. Горохова О.Г. Фитопланктон озерной системы Кабан в 2011 году // Георесурсы. – 2012. – 7 (49). – С. 24–28.
3. Мустафина Л.К., Иванов Д.В., Шурмина Н.В., Богданова О.А. Оценка качества воды озера Нижний Кабан // Сборник трудов X Специализированной выставки и конгресса «Чистая вода. Казань», 17–19 октября 2019 г. Казань: НП РЦОК ЖКХ РТ, 2019. – С. 155–157.
4. Брешиани Р. Фитоочистка как инновационный метод водоочистки // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 4. – Вып. 7. – С. 885–900.
5. Rice E.W., Baird R.B., Eaton A.D. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Water Works Association, Water Environment Federation. 2017. – P. 2–66.
6. Токинова Р.П., Любарский Д.С., Абрамова К.И., Иванов Д.В. Оценка эффективности очистки воды в фито-системе на озере Нижний Кабан (г. Казань) по итогам двух первых лет эксплуатации // Российский журнал прикладной экологии. – 2021. – №. 4. – С. 25–33.
7. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. – 240 с.
8. Унифицированные методы исследования качества вод. Атлас сапробных организмов. М., 1977. – 227 с.
9. Неверова-Дзиопак Е., Цветкова Л.И. Оценка трофического состояния поверхностных вод. СПб: СПбГАСУ, 2020. – 176 с.

PHYTOPLANKTON OF NIZHNY KABAN LAKE (KAZAN) NEAR CONSTRUCTED WETLANDS

Ksenia I. Abramova, Dmitry S. Lyubarsky, Rimma P. Tokinova

Abstract. The results of studies of phytoplankton of Lake Nizhny Kaban (Kazan) in the area of activity of the constructed wetlands are presented. The taxonomic composition, quantitative indicators of phytoplankton and their changes during the passage of lake water through a cascade of ponds with higher aquatic vegetation are analyzed.

Keywords: phytoplankton, constructed wetlands, Nizhny Kaban lake.