

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА оз. ЧЕТЫРЕХВЕРСТНОГО

Ю. Л. Сластина<sup>1</sup>, М. А. Клочкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН*

<sup>2</sup> *Петрозаводский государственный университет*

## Введение

С середины прошлого столетия проблема мониторинга состояния водоемов, расположенных в городской черте, приобрела большую актуальность во многих странах. Одной из наиболее глубоких, активных и комплексных форм воздействия на природные объекты является влияние урбанизированных ландшафтов. Большинство случаев антропогенного эвтрофирования водоемов впервые было отмечено в пределах именно таких территорий [9].

Городские водоемы традиционно использовались как источники пресной воды, а также для технических, рекреационных и других целей. Функционирование населенных пунктов, постепенное расширение их границ приводит к загрязнению водных объектов городскими, преимущественно бытовыми стоками, аэротехногенным путем и как следствие к нарушению естественного функционирования водных экосистем и превращению их в антропогенно измененные [9]. Реакция водоемов зависит от их исходного состояния, интенсивности и длительности различных видов воздействия.

В России экологические исследования городских водоемов до сих пор весьма малочисленны, несмотря на то что только 2% городских водных объектов могут быть отнесены к условно чистым, тогда как 80% классифицируются как грязные и обычно находятся на уровне эвтрофных или гиперэвтрофных водоемов [2, 4, 12].

Для целей экологического мониторинга водоемов активно используется изучение фитопланктона, который оказывает непосредственное влияние на качество воды, благодаря структуре и функциональным особенностям определяет состояние водных экосистем в целом. Фитопланктон оказывает непосредственное воздействие на качество воды, а показатели его количественного развития широко используются для характеристики трофического статуса водоемов.

На территории Петрозаводска находятся несколько озер, хорошо известных рыбакам и отдыхающим, но практически не изученных. Исследования этих водоемов позволили получить новые оригинальные данные, которые можно успешно использовать в программе мониторинга и планирования рекреационной нагрузки на водоемы города. Одно из таких озер – Четырехверстное, результаты исследования фитопланктонных сообществ которого представлены в данной работе.

## Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили пробы фитопланктона, отобранные с июля 2009 г. по ноябрь 2010 г., по 2–3 сбора за сезон. Обработка проб, определение видового состава проводилась с использованием стандартных гидробиологических методик [10]. Пробы отбирали зачерпыванием с поверхностного горизонта, фиксировали 40% формалином, концентрировали методом фильтрации на мембранные фильтры с размером пор 0,9 мкм. Подсчет клеток проводили в камере Нажотта (объемом 0,02 мл). Определение биомассы производили счетно-объемным методом с использованием таблиц Кузьмина и ПЭВМ. Для оценки качества воды был рассчитан индекс сапробности по численности методом Пантле и Бука в модификации Сладечека [13]. При эколого-географической характеристике придерживались разработанных систем, принятых в экологии и биогеографии водорослей [3].

Озеро Четырехверстное расположено на территории г. Петрозаводска, в юго-восточной части города, в 14 км от центра [7]. Размеры водоема небольшие, в длину – 648 м, в ширину – 248 м, с площадью водного зеркала 160 704 м<sup>2</sup>. Средняя глубина 5 метров. Координаты: 61°44'52" N; 34°26'23" E. Из озера вытекает ручей Каменный, впадающий в Петрозаводскую губу Онежского озера. В радиусе 1–2 км от водоема расположены: 2-я площадка Онежского тракторного завода, ФГУП «75 АРЗ» – авторемонтный завод МО РФ, где производят ремонт автомобилей «Урал» и гусеничных тягачей ГТ-Т, ООО «Стройтехника» с действующей кузницей, «Карелнеруд», «Станкозавод». Рыбные ресурсы оз. Четырехверстного практически не изучены, и опубликованной в печати информации о современном состоянии ихтиофауны водоема нет. По опросам рыбаков, здесь обитают окунь, уклея, подлещик.

## Результаты и обсуждение

Лабораторией гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН был проведен химический анализ проб воды оз. Четырехверстного, согласно которому данный водоем является мезогумозным [8], имеет рН нейтрально-щелочную, минерализацию повышенную в сравнении с другими карельскими водоемами, воды гидрокарбонатного типа (табл.). Содержание биогенов соответствует  $\alpha$ -мезотрофному водоему [6]. Аналитическая работа также проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Для химического анализа проб воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики.

Гидрохимический режим оз. Четырехверстного (2009–2010 гг.)

Сезон	Ptotal, мг P/л	Pminer, мг P/л	NO <sub>3</sub> , мг N/л	NH <sub>4</sub> , мг N/л	Ntotal, мг N/л	$\lambda$ , мк См/см	Цветность, град.	pH
Осень	0,023–0,025	0,004	0,10–0,22	0,14–0,21	1,30–0,80	196	80–38	7,4
Зима	0,023	0,005	0,03	0,01	1,10–0,98	197–209	41–30	7,2–8
Весна	0,052	0,003	0,03	0,02	0,64	170	49–33	8
Лето	0,030–0,058	0,003–0,004	0,20–0,34	0,02	0,58–0,88	166–104	37–35	7,5–8,4

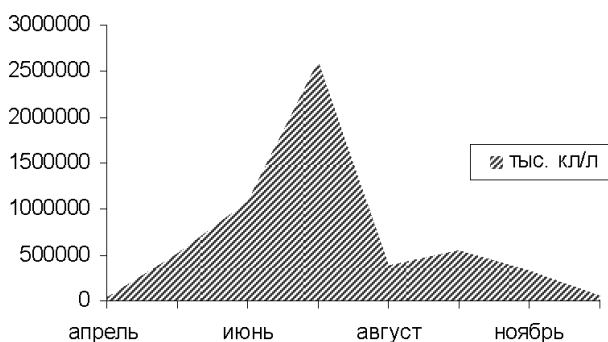
Особенности гидрохимического режима водоема определили состав и доминирование альгофлоры. Всего на данный момент выявлено 95 видов (представленных 100 таксонами рангом ниже рода) из 7 отделов, которые распределились следующим образом: *Chlorophyta* – 38 таксонов, *Bacillariophyta* – 26, *Euglenophyta* – 12, *Cyanophyta* – 11, *Chrysophyta* – 10, *Dinophyta* – 2, *Cryptophyta* – 1 таксон. Ядро составили зеленые и диатомовые, вклад эвгленовых, золотистых и синезеленых равноценен. Структура фитопланктона отличается от характерной для озер Карелии [1] снижением роли диатомей и увеличением разнообразия зеленых, синезеленых и золотистых водорослей, что можно рассматривать как особенность водоемов урбанизированных территорий.

Доминирующими по биомассе и численности во все сезоны наблюдения были *Fragilaria crotonensis*, *Trachelomonas volvocina*, *Trachelomonas planctonica*, *Oscillatoria agardhii*. Сезонная динамика фитопланктона характеризуется одновершинной кривой с максимумом вегетирования водорослей в летний период как по численности, так и по биомассе (рис. 1, 2). Значения численности в летний период достигали величины 2900 тыс. кл./л за счет обильного развития синезеленых водорослей р. *Oscillatoria* (рис. 1). Максимальная биомасса достигала величины 1,5 мг/л, основной вклад в ее формирование вносила диатомовая *Fragilaria crotonensis* (до 40%), которая является галофилом, имеет положительную реакцию на незначительное повышение солей. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в июле – августе, в период максимального прогрева воды.

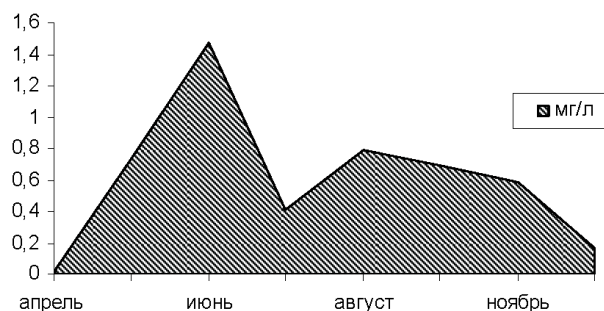
Осенью значительный вклад как по численности, так и по биомассе принадлежит диатомовому планктону – *Synedra ulna*, *Diatoma elongatum*. В зимний подледный период значения численности водорослей нижнего слоя льда были выше, чем в воде, в 1,5 раза (54 тыс. кл./л), значения биомассы были примерно одинаковыми. В зимний подледный период в верхнем слое воды часто встречались представители золотистых – несколько видов р. *Kephyrion*, зеленые холодолюбивые р. *Koliella*. В ранневесенний период облик фитопланктона определяли также синезеленые (65% биомассы), с существенным вкладом диатомовых (26% биомассы) и эвгленовых (7% биомассы).

По максимальной биомассе фитопланктона вода озера относится к классу 3а (1,1–2 мг/л) – достаточно чистая [5].

Для альгофлоры оз. Четырехверстного характерно преобладание космополитных форм (86%), при незначительной доле бореальных и северо-альпийских видов. Большинство видов по характеру местообитания относилось к планктонным (78%) формам. Обитателей бентоса и обрастаний, представленных в основном диатомовыми водорослями, значительно меньше. По отношению к солоности воды большинство выявленных таксонов – олигогалобы, с преобладанием индифферентов (87%) – *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*. В условиях повышенной минерализации воды могут существовать *Diatoma elongatum*, *Fragilaria crotonensis*, *Synedra ulna*. Наиболее многочисленную группу водорослей по отношению к рН воды составляли индифферентные (66%) и алкальфилы (26%). Индифференты были представлены в основном зелеными (44%), диатомовыми (23%) и эвгленовыми (12%) водорослями. Группа алкальфилы на 71% состоит из диатомовых, таких как *Synedra ulna*, *Stephanodiscus astrea*. Достаточно много ацидофилов, наряду с диатомовыми (*Frustulia rhomboides*), оказалось среди золотистых водорослей (р. *Dinobryon*, *Mallomonas*).



**Рис. 1. Динамика численности фитопланктона оз. Четырехверстного**



**Рис. 2. Динамика биомассы оз. Четырехверстного**

Выявлено 50 видов-показателей сапробности, что составляет 53% от общего числа видов. Из общего числа индикаторов 54% составляли  $\beta$ -мезосапробные формы, 26% – виды, развивающиеся в переходной между  $\beta$ -мезо- и олигосапробной зоне. Таким образом, по составу доминирующих видов фитопланктона и по их отношению к сапробности качество воды оз. Четырехверстного соответствует 3 классу качества,  $\beta$ -мезосапробной зоне, относится к умеренно загрязненным.

### Заключение

В результате проведенных исследований выяснилось, что ход сезонной динамики фитопланктона соответствует состоянию эвтрофного водоема [11], хотя гидрохимическая и сапробиологическая оценка характеризует водоем как достаточно чистый, умеренно загрязненный. Согласно выделяемым фитопланктонным формациям, все доминирующие виды изучаемого водоема относятся к эвтрофному диатомовому, синезеленому и эвгленовому планктону [14]. Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в июле-августе, в период максимального прогрева воды.

Требуется дальнейшее изучение водоема для уточнения трофического статуса, определения рекреационного значения и, так как озеро имеет сток в Петрозаводскую губу Онежского озера через ручей Каменный, его вклада в эвтрофирование Петрозаводской губы.

### Литература

1. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / С. Ф. Комулайнен, Т. А. Черышева, И. Г. Вислянская. Петрозаводск, 2006. 81 с.
2. Антропогенное воздействие на малые озера. Л., 1980. 172 с.
3. Барина С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток, 1996. 364 с.
4. Водные объекты Санкт-Петербурга / Под ред. С. А. Кондратьева, Г. Т. Фрумина. СПб., 2002. 348 с.
5. Жукин В. И., Оксик О. П. Экологическая классификация качества поверхностных вод суши по их составу и свойствам // Инф. бюл. по водн. хоз-ву. 1984. Вып. 2/34. С. 71–76.
6. Китаев С. П. Основы общей лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, 2007. 395 с.
7. Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 183–188.
8. Лозовик П. А., Шкиперова О. Ф., Зобков М. Б., Платонов А. В. Геохимические особенности поверхностных вод Карелии и их классификация по химическим показателям // Труды КарНЦ РАН. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 130–143.
9. Россоломо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М., 1977. 144 с.
10. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В. А. Абакумова. СПб., 1992. С. 164–173.
11. Трифонова И. С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л., 1990. 184 с.
12. Трифонова И. С., Генкал С. И., Павлова О. А. Состав и сукцессия диатомовых водорослей в планктоне городских водоемов Санкт-Петербурга // Ботан. журн. 2003. Т. 88, № 11. С. 43–53.
13. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М., 1976. 185 с.
14. Hutchinson G. E. A treatise on limnology. Vol. 2. Introduction to lake biology and the Lim-noplankton. New York; London, 1967. 1115 p.