

# СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА КРОШНОЗЕРО В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Сластина Ю.Л.

1 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, Петрозаводск e-mail: jls@inbox.ru



**Motivation:** В результате антропогенного воздействия и климатических изменений сообщества планктона водоемов суши заметно изменяются. Особенно явно заметны изменения в небольших мелководных озерах. Роль фитопланктона в водных экосистемах первостепенна для оценки процессов накопления органического вещества благодаря высоким темпам размножения и производства биомассы, чуткому реагированию на изменения экологических факторов. Также благодаря микроскопическим размерам и богатому содержанию легко включаемым в метаболизм водных животных органических соединений планктонные водоросли являются пищей для планктонных ракообразных, зоопланктона, а также молоди рыб. Для оценки вклада фитопланктона в формирование кормовой базы того или иного водоема необходимо изучение структуры альгоценозов, определения доминирующих видов.

**The aim:** современное состояние фитопланктонного сообщества водоема, испытывающего разнофакторную антропогенную нагрузку



**Materials:** Озеро Крошнозеро находится на водоразделе бассейнов Ладожского и Онежского озер, принадлежит к бассейну Балтийского моря. Это один из самых высокоэвтрофных водоемов Южной Карелии. Средняя величина минерализации воды составляет 37,0 мг/л. По ионному составу вода относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция. На газовый режим, содержание CO<sub>2</sub>, pH и сезонную динамику биогенных элементов в открытый период года существенное влияние оказывают продукционно-деструкционные процессы. Озеро характеризуется очень высоким содержанием общего фосфора. Доля минерального фосфора от общего составляет 36%. По косвенным показателям содержания ОВ (цветность, ПО), железа, а в летний период и pH, вода озера не соответствует требованиям ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Озеро Крошнозеро – мезогумусное среднещелочное слабокислородное нейтральное гидрокарбонатного класса группы Са, эвтрофное, удовлетворительного качества; в зимний период отмечается дефицит кислорода. Прозрачность озера Крошнозеро составляет 1,5–2,5 м. Водоем используется как источник водоснабжения пос. Крошнозеро, для форелевого рыбоводства, любительского рыболовства.

## Methods:

Отбор проб осуществлялся на трех станциях: возле садкового форелевого хозяйства (СФХ) – ст. Кр13, глубоководной части озера – ст. Кр16, и напротив деревни Ершнаволоок - Кр7. Отбор и обработка проб проведены в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками [Методика, 1975]. Состав, экологию и распределение водорослевых сообществ анализировали общепринятыми методами. Видовую идентификацию водорослей выполняли с использованием отечественных определителей и ряда зарубежных авторов. Биомассу фитопланктонных организмов вычисляли стандартным методом, учитывая пространственную конфигурацию клеток [Федоров, 1979]. Массовость видов рассчитывали исходя из того, что численность или биомасса вида составляет 10% или более от общей численности. Для определения содержания хлорофилла «а» пробы концентрировались вакуумным насосом методом прямой фильтрации на мембранные фильтры Владипор МФАС-ОС-3с диаметром пор 0,8 мкм. Определение пигментов проводили в смешанном 90% ацетоном экстракте стандартным спектрофотометрическим методом, изложенным в руководствах ЮНЕСКО [SCOR- UNESCO..., 1966] и принятым в России в качестве Госстандарта (ГОСТ 17.04.02-90, 1990). Концентрацию хлорофилла «а» рассчитывали по уравнениям, приведенным в руководстве ЮНЕСКО и модифицированными Джеффри и Хамфрей (Jeffrey, Humphrey, 1975). Трофический статус водоемов оценивали по шкале трофности по методике С.П. Китаева [Китаев, 1984], а также рекомендациям Неверовой-Дзюпака [Неверова-Дзюпака, 2020].

Согласно полученным ранее сведениям [Покровский, 1959; Чекрыжева, 1993, 1998; Озера, 2013], в период с 1959 по 1994 гг. массовыми видами в летний период были представители рода *Aulacoseira*, составляя свыше 50% численности и биомассы всего фитопланктона. В настоящее время наиболее часто встречаются в пробах *Fragilaria crotonensis* Kitton, биомасса до 0,6 г/м<sup>3</sup>.

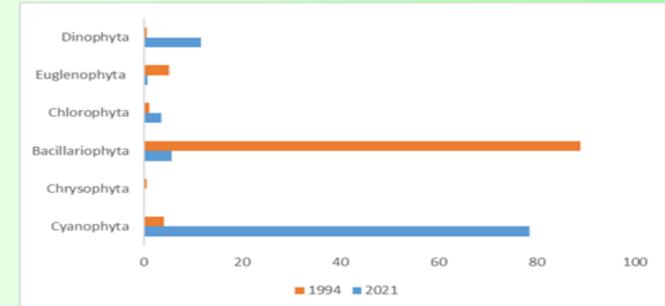
Следует отметить, что коэффициент общности видового состава Т. Сёренсена – 0,87, выявил однородное сходство между фитопланктонными сообществами разных станций отбора проб (Sørensen, 1948).

Сопоставление полученных в летний период 2021 г. данных с результатами предыдущих исследований в тот же период 1990, 1994 гг. показало, что они значительно различаются по структурным характеристикам (рис. 1), тогда как количественные характеристики сопоставимы. В работах Т.А.Чекрыжевой [Чекрыжева, 1993, 1998] приводятся данные о том, что максимальные значения биомассы достигали 32 г/м<sup>3</sup>, а численности 50 млн кл/л., однако средние составляли около 10 мг/м<sup>3</sup>, при численности 13 млн кл/л. В предыдущий период исследований средние значения биомассы и численности были ниже, чем в настоящее время. Тем не менее, там же упоминаются длительные периоды цветения синезелеными (1952-1953; 1970-1990). В 1998 г. по величине биомассы (9,9 мг/л) Крошнозеро также характеризовалось как высокоэвтрофный водоем [Чекрыжева, 1998].

Концентрация хлорофилла «а» в водоеме, определенная в летний период 2021, характеризует водоем как эвтрофный, определяются пятна цветения цианобактерий в поверхностном горизонте. В зоне форелевых садков значения достигали 46 мг/м<sup>3</sup>, в глубоководной части озера до 56 мг/м<sup>3</sup>, в районе деревни Ершнаволоок 38 мг/м<sup>3</sup>.

Средние значения биомассы в поверхностном горизонте озера (12,3 мг/л), содержание хлорофилла «а», а также значение численности цианобактерий более 85% от общей численности позволяют охарактеризовать водоем как эвтрофный. [Неверова-Дзюпака, 2020].

## Межгодовая динамика биомассы (%) фитопланктона различных отделов озера Крошнозера по данным летнего периода 2021 г. и 1994 г\* \*Чекрыжева, 1998



## Conclusions:

В июле 2021 г. в составе фитопланктона озера Крошнозера был выявлен 31 таксон водорослей рангом ниже рода из 6 систематических отделов. В отличие от результатов исследований в 1959-1994 гг., установлено, что значительный вклад в формирование общей биомассы и численности летом 2021 г. вносили представители цианобактерий и динофитовых водорослей. Резко выросло влияние цианобактерий, продуцирующих до 98% численности и 80% биомассы от общих показателей. Основу доминирующего комплекса представляли токсичные цианобактерии из родов *Anabaena*, *Arhanizomenon* и *Microcystis*. Увеличилось видовое разнообразие цианобактерий, а представителей других отделов, в частности зеленых, резко уменьшилось. При сравнении трех районов озера, подверженного разнородному антропогенному воздействию (глубоководный район, форелевые садки и бытовые стоки), была выявлена однородность видового состава с высокими значениями видового разнообразия. Среднее значение биомассы соответствовало уровню эвтрофных вод. Значения численности цианобактерий и зеленых водорослей также характеризуют водоем как эвтрофный.

Определенное нами значение уровня трофии не противоречит полученным ранее для данного водоема [Чекрыжева, 1993, 1998; Озера, 2013]. Основу флористического богатства образуют представители диатомовых, золотистых, зеленых, синезеленых, что характерно для многих карельских озер и водоемов умеренной зоны [Альгофлора, 2006]. Структура доминирующего комплекса летнего планктона сходна с таковой в других эвтрофных озерах умеренной зоны [Трифопова, 1990]. По результатам исследований в летний период 2021 г. выявлено значительное изменение структурных характеристик сообщества фитопланктона озера Крошнозера, однако количественные характеристики, полученные нами, сопоставимы с выполненными в предыдущий период исследования 1959-1994 гг. [Покровский, 1959; Чекрыжева, 1993, 1998; Озера, 2013]. Исследования условий обитания фитопланктонного сообщества озера Крошнозера будут продолжены для выявления закономерностей его функционирования на разных этапах годового термического цикла.

## References

- Альгофлора озера и рек Карелии. Таксономический состав и экология / Ред. С. Ф. Комулайнен, Т. А. Чекрыжева, И. Г. Висянская. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 81 с.
- Китаев С.П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М., 1984. 207 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. /Отв. ред. Ф.Д. Мордухай-Болотовской М.: Наука. 1975. 250 с.
- Неверова-Дзюпака Е. Оценка трофического состояния поверхностных вод : монография / Е. Неверова-Дзюпака, Л. И. Цветкова ; СПбГАСУ. СПб., 2020. 176 с.
- Озера Карелии. Справочник. Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, 2013
- Покровский В.В., Филимонова З.И. Озеро Крошнозеро // Озера Карелии. Справочник. Петрозаводск, 1959. С.199-205.
- Трифопова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Ленинград: Наука, 1990.184с.
- Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. 168 с.
- Чекрыжева Т.А. Водоемы среднего участка реки Шуи и озеро Ведлозеро. Фитопланктон Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 1998. С. 148-150.
- Чекрыжева Т.А. Фитопланктон оз. Крошнозера при антропогенном эвтрофировании //Мат. III Вс.конф. по водной растительности внутр. водоемов и качество их вод (Петрозаводск, сентябрь 1992) Петрозаводск, 1993. С 19-20.
- Jeffrey, S. W., Humphrey, G. F. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c, and c2 in higher plants, algae, and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanz.* 167: 191-194
- SCOR-UNESCO Working Group N 17. Determination of photosynthetic pigments in sea water // *Monographs on oceanographic methodology*. P.: UNESCO. 1966. P. 9-18.

## Морфометрические и гидрохимические показатели Крошнозера

| Параметры                                | Крошнозеро |
|--|------------|
| Длина озера (км)                         | 10.4       |
| Площадь зеркала озера (км <sup>2</sup> ) | 8.9        |
| Макс. ширина (км)                        | 1.3        |
| Макс. глубина (м)                        | 12.6       |
| Ср. глубина (м)                          | 5.7        |
| Прозрачность (м)                         | 1.5-2.5    |
| P <sub>общ.</sub> (мкг/л)                | 58         |
| NO <sub>3</sub> (мг/л)                   | 0.20       |
| N <sub>общ.</sub> (мг/л)                 | 0.88       |
| Σ <sub>д</sub> (мг/л)                    | 36.6       |
| Цветность (Pt-Co°)                       | 67         |
| pH                                       | 6.9        |

В составе фитопланктона выявлен 31 таксон водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к 6 систематическим отделам: зеленые (Chlorophyta) – 7 (22,6%), диатомовые (Bacillariophyta) – 8 (25,8%), золотистые (Chrysophyta) – 3 (9,7%), синезеленые (Cyanophyta) – 10 (32,3%), эвгленовые (Euglenophyta) – 2 (6,5%), динофитовые (Dinophyta) – 1 (3,2%).

В предыдущий период исследований с 1959 по 1994 гг. [Покровский, 1959; Чекрыжева, 1993, 1998; Озера, 2013]. в оз. Крошнозеро определено 93 таксонов из 8 систематических групп: Cyanophyta – 6 (6,5%), Chrysophyta – 14 (15,1%), Bacillariophyta – 36 (38,7%), Xanthophyta – 1 (1,1%), Cryptophyta – 2 (2,2%), Dinophyta – 3(3,2%), Euglenophyta – 4 (4,3%), Chlorophyta – 27 (29%).

Значения биомассы фитопланктона летом 2021 г. в озере в среднем не превышали 12,3 мг/л при максимальной величине 13,3 мг/л, а значения численности в среднем были 86,2 млн. кл/л., при максимальной величине 92,8 млн. кл/л. Причем горизонтальное распределение фитопланктона характеризовалось увеличением биомассы на глубоководной станции, тогда как в районе форелевых садков биомасса была несколько ниже. Однако численность фитопланктона была, напротив, выше в зоне расположения садков

## Количественные показатели развития фитопланктона озера Крошнозера в поверхностном горизонте, июль 2021 г.

| Станция          | Численность (млн. кл./л) | Биомасса (мг/л) |
|------------------|--------------------------|-----------------|
| Кр 7             | 83,3                     | 11,1            |
| Кр 13            | 92,8                     | 12,4            |
| Кр 16            | 82,6                     | 13,3            |
| Среднее значение | 86,2                     | 12,3            |

