



DOI 10.23859/estr-230511

EDN IRXYWQ

УДК 581.526.325.2

Научная статья

Современное состояние фитопланктона и микрофитобентоса реки Чёрной (Ленинградская область, бассейн Балтийского моря)

М.И. Юрчак^{1*} , Р.М. Гогорев¹ , Н.В. Полякова² ,
А.В. Кучерявый² , И.А. Стогов³ 

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 119071, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33

³ Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9

*maur4ak2014@ya.ru

Аннотация. В работе представлены данные многолетних исследований фитопланктона и микрофитобентоса реки Черной (Выборгский район), а также гидрохимического состава воды и гранулометрического состава грунта. Видовое богатство фитопланктона выше, чем микрофитобентоса. В обоих сообществах преобладали диатомовые водоросли, видом-доминантом являлась *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) E.Y. Haworth. Сезонные изменения обилия фитопланктона имели типичный для водоемов северо-запада России характер.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, Bacillariophyta, *Aulacoseira subarctica*

Благодарности. Авторы выражают благодарность Л.А Карцевой (БИН РАН) за помощь в получении электронных микрофотографий на оборудовании ЦКП Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

Финансирование. Работа М.И. Юрчак и Р.М. Гогорева была выполнена в рамках государственного задания БИН РАН (№ 121021600184-6). Работа Н.В. Поляковой и А.В. Кучерявого выполнена при поддержке Российского Научного Фонда № 19-14-00015-П.

ORCID:

М.И. Юрчак, <https://orcid.org/0000-0002-6079-539X>

Р.М. Гогорев, <https://orcid.org/0000-0001-8668-7912>

Н.В. Полякова, <https://orcid.org/0000-0002-3577-073X>

А.В. Кучерявый, <https://orcid.org/0000-0003-2014-5736>

И.А. Стогов, <https://orcid.org/0000-0001-6460-9956>

Для цитирования: Юрчак, М.И. и др., 2025. Современное состояние фитопланктона и микрофитобентоса реки Чёрной (Ленинградская обл., бассейн Балтийского моря). *Трансформация экосистем* 8 (1), 201–212. <https://doi.org/10.23859/estr-230511>

Поступила в редакцию: 11.05.2023

Принята к печати: 01.08.2023

Опубликована онлайн: 07.03.2025

DOI 10.23859/estr-230511

EDN IRXYWQ

UDC 581.526.325.2

Article

Current state of phytoplankton and microphytobenthos of the Chernaya River (Leningrad Oblast, the Baltic Sea basin)

M.I. Yurchak^{1*}, R.M. Gogorev¹, N.V. Polyakova²,
A.V. Kucheryaviy², I.A. Stogov³

¹ Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, Professor Popov St. 2, St. Petersburg, 197376 Russia

² Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Leninsky prospect St. 33, Moscow, 119071 Russia

³ St. Petersburg State University, Universitetskaya Embankment 7/9, St. Petersburg, 199034 Russia

*maur4ak2014@ya.ru

Abstract. The paper presents the data on the long-term studies of phytoplankton and microphytobenthos of the Chernaya River (Vyborg region), including the hydrochemical water composition and particle-size distribution in soil. Species richness of phytoplankton is higher than that of microphytobenthos. In both communities, diatoms prevail; the dominant species is *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) E.Y. Haworth. The seasonal dynamics of phytoplankton abundance is typical for water bodies in northwestern Russia.

Keywords: diatoms, Bacillariophyta, *Aulacoseira subarctica*

Acknowledgements. The authors express their gratitude to L.A. Kartseva (BIN RAS) for the electron micrographs obtained on the equipment of the Collective Use Center of the V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg).

Funding. The work of M.I. Yurchak and R.M. Gogorev was carried out within the framework of the State Assignment of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (No. 121021600184-6). The work of N.V. Polyakova and A.V. Kucheryaviy was supported by the Russian Science Foundation No. 19-14-00015-P.

ORCID:M.I. Yurchak, <https://orcid.org/0000-0002-6079-539X>R.M. Gogorev, <https://orcid.org/0000-0001-8668-7912>N.V. Polyakova, <https://orcid.org/0000-0002-3577-073X>A.V. Kucheryaviy, <https://orcid.org/0000-0003-2014-5736>A.I. Stogov, <https://orcid.org/0000-0001-6460-9956>

To cite this article: Yurchak, M.I. et al., 2025. Current state of phytoplankton and microphytobenthos of the Chernaya River (Leningrad Oblast, the Baltic Sea basin). *Ecosystem Transformation* 8 (1), 201–212. <https://doi.org/10.23859/estr-230511>

Received: 11.05.2023

Accepted: 01.08.2023

Published online: 07.03.2025

Введение

Территория России богата реками, из которых 95% относятся к малым (Богатов и Федоровский, 2017), напрямую обеспечивающим полноводность крупных рек (Федоровский, 1985). Малые реки меньше используются в хозяйственной деятельности, поэтому они остаются наименее изученными (Семейкина, 2014). Малые реки Ленинградской области не являются исключением. Сообщества водных организмов в них изучены крайне слабо, несмотря на то, что они играют важную роль в формировании водосбора более крупных водных объектов, а также являются местообитаниями разнообразных животных и растений. Часто именно малые реки населяют редкие охраняемые виды. Водоросли являются первым звеном пищевой цепи и важным компонентом речного сообщества. Исключительное разнообразие водорослей делает их неотъемлемым объектом при проведении экологического мониторинга.

Цель данной работы – оценить разнообразие водорослевых сообществ малой реки и сезонные изменения основных таксономических групп (Bacillariophyta, Cyanoprocariota и Chlorophyta).

Материалы и методы

Река Чёрная протекает на Карельском перешейке в Выборгском районе и представляет собой типичную малую реку. Река берет свое начало из Гладышевского озера и впадает в Финский залив. Длина реки 18 км. В месте взятия проб (N 60°13'15.74" E 29°30'56.26", в 6 км от устья) ширина реки составляла 15–20 м при глубинах от 0.5 до 2.5 м. Скорость течения в плесах достигала 0.75 м/с, на перекатах – 1.5 м/с, у берега – 0.36 м/с.

Отбор проб фитопланктона и микрофитобентоса проводили с июня 2017 г. по конец сентября 2020 г. За весь период изучения было отобрано и обработано 19 проб фитопланктона и 13 проб микрофитобентоса.

Пробы фитопланктона отбирали бутылкой объемом 1 л, которую опускали на глубину от 10 до 40 см. Пробы фиксировали 40% раствором формальдегида (15–20 мл), а затем концентрировали осадочным методом до объема 15–60 мл. Для определения численности, биомассы и видового состава водорослей из полученного сконцентрированного объема брали 3 капли из предварительно перемешанной пробы и помещали в камеру Нажотта объемом 0.02 мл для подсчета клеток. В камере просчитывали клетки в 20 полосах, а остальную часть камеры просматривали на наличие крупных или/и единичных форм. Для определения биомассы водорослей в одной пробе измеряли длину и ширину клетки, в некоторых случаях высоту. Для одной таксономически минимальной группы водорослей делали от 10 до 20 промеров; если попадалось меньше 10 клеток, то использовали максимально возможное количество промеров для этой пробы. Затем промеры усредняли для нахождения объема клетки. Биообъем клеток определяли по формулам, взятым с электронного ресурса, или по методическим рекомендациям (Радченко и др., 2010; Nordic Microalgae¹). Если формула отсутствовала, то ее составляли методом геометрического подобия фигур, похожих на найденные водоросли (Радченко и др., 2010).

¹ Nordic Microalgae, Sweden. Интернет-ресурс. URL: <http://nordicmicroalgae.org> (дата обращения: 11.05.2023).

Пробы микрофитобентоса отбирали стаканом площадью 7 см². В стакан отбирали верхние 2–3 см верхнего слоя грунта. После отбора пробы микрофитобентоса фиксировали 40% раствором формальдегида и аккуратно перемешивали содержимое. Для определения численности, биомассы и видового состава микроводорослей из нее брали пипеткой один миллилитр жидкости, предварительно аккуратно перемешав содержимое. Отобранный объем помещали в пустую емкость и перед просмотром пробу десяти- или двадцатикратно разбавляли дистиллированной водой. Полученную разбавленную пробу перемешивали и брали 3 капли, которые помещали в камеру Нажотта объемом 0.02 мл для подсчета клеток в пробе и определения биомассы. Дальнейшие манипуляции количественного учета и расчетов биомассы сходны с действиями по обработке проб фитопланктона. При работе с микрофитобентосом были использованы методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках (Комулайнен, 2003).

Диатомовые водоросли определяли в постоянных препаратах и при помощи сканирующего электронного микроскопа. Остальные таксономические группы определяли в световой микроскоп во время просмотра пробы. При определении использовали следующие определители: Забелина и др. (1951), Царенко (1990), Komárek and Anagnostidis (1998, 2005), Round et al. (1990).

Данные по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам воды (температура, pH и электропроводность, концентрация растворенных органических веществ (ХПК, перманганатная окисляемость)) гранулометрический состав и содержание органического вещества грунтов получены в 2018 г стандартными методами (Methods..., 2013).

Результаты и обсуждение

Формирование гидрохимического и гидрологического режима р. Чёрной определяется сезонной динамикой физико-химических характеристик. Такие абиотические характеристики, как температура воды, содержание органического вещества, pH и электропроводность, имеют сезонные изменения. Гранулометрический состав, содержание органического вещества в грунте и цветность не имеют существенных изменений в течение года.

Максимальные и минимальные значения температуры воды в реке достигались в июле и декабре соответственно.

Концентрация органических веществ в воде в течение года достигала высоких значений и изменялась от 9.9 до 16.9 мгО₂/л, минимальные величины отмечены в период летней межени, а максимальные – в период паводков. В связи с повышенным содержанием гумусовых веществ для рек севера характерна высокая степень окисления (Алекин, 1953). Сезонное повышение концентрации органических веществ связано с поступлением их в реку с водосбора.

Вода в р. Чёрной имеет низкую минерализацию (55–116 мСм), значения pH в течение года изменяются от слабокислой (6.1) до слабощелочной (8.9), в то время как в оз. Гладышевском величины pH воды изменялись в диапазоне от 8.7 до 9.9 (Трифонова и др., 2016). Таким образом, в реке по сравнению с озером диапазон pH шире и сдвинут ближе к кислотным значениям. Эти и другие различия при сравнении данных по озеру и вытекающей из него реке связаны с тем, что для озер и рек характерен различный водообмен (Алекин, 1953), к тому же в нашей работе отбор проб осуществляли не в истоке реки, а ближе к устью, что усиливает отличия.

Грунт р. Чёрной в основном песчаный с включениями гравия. Преобладающей является фракция размером менее 0.25 мм, которая составляет до 90% от веса проб грунта. Изменение гранулометрического состава в течение года незначительно. Содержание органического вещества в грунте составляло в среднем от 1 до 3.5%. Максимальные значения отмечены в июне и ноябре (3.4 ± 1.1% и 3.2 ± 1.7% соответственно), а минимальные – в июле (1.2 ± 0.3%) и в середине сентября (1.7 ± 0.5%).

В фитопланктоне р. Чёрной были обнаружены представители 7 отделов водорослей: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanoprocariota, Charophyta, Euglenophyta, Dinoflagellata и Ochrophyta. Всего найдено 86 таксонов рангом ниже рода. Диатомовые по числу таксонов преобладали (Табл. 1). Для озера Гладышевского отмечено 9 отделов водорослей (Трифонова и др., 2016). В нем, в отличие от реки, присутствовали отделы Cryptophyta и Raphidophyta и не обнаружены представители из отдела Dinoflagellata.

Диатомовые водоросли определяли структуру фитопланктона, составляя по численности от 40% весной до 87% зимой и по биомассе – от 63% весной до 90% зимой. Синезеленые и зеленые водоросли в фитопланктоне являлись субдоминантами, составляя от 13% зимой до 60% весной (по численности) и от 5% осенью до 39% весной (по биомассе). По данным литературы в озере

Гладышевском также доминировали диатомовые водоросли (Трифонова и др., 2016). В озерах Карельского перешейка Красном и Морозовском, расположенных в Приозерском районе, в 60 и 70 км от р. Чёрной, получены сходные данные – диатомовые являлись наиболее разнообразной группой водорослей (Трифонова и др., 2014).

Планктон р. Чёрной представлен в основном диатомовыми водорослями из порядков *Aulacoseirales*, *Naviculales*, *Cymbellales*, *Fragilariales*, *Tabellariales*, *Stephanodiscales*, *Achnanhtales*, *Bacillariales*.

Вид *Aulacoseira subarctica* (Рис. 1) занимал особое место в планктоне и бентосе реки, составляя до 80% от численности на протяжении всего периода исследования. В озере Гладышевском с 2010 по 2015 гг. представители рода *Aulacoseira* также являлись часто встречающимися, отмечены виды *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen и *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen (Трифонова и др., 2016). Доминирование видов рода *Aulacoseira* в планктоне характерно для водоемов северо-запада России (Генкал и Трифонова, 2005). Доминирование этого рода предположительно связано с тем, что в реке наиболее подходящие условия для планктонных форм – большая глубина и прозрачность. Можно также предположить, что клетки поступают из озера под действием дрефта (Комулайнен, 1996).

В микрофитобентосе отмечены представители 5 отделов водорослей: *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Cyanoprokaryota*, *Charophyta* и *Euglenophyta*. Всего встречено 64 таксона рангом ниже рода. Диатомовые водоросли доминировали по числу таксонов (Табл. 1). По данным литературы в перифитоне малых рек Карельского перешейка отмечено 7 отделов (Комулайнен, 1996), в том числе встречены представители отделов красных, золотистых водорослей и динофлагеллят, не найденные в микрофитобентосе р. Чёрной.

В микрофитобентосе диатомовые водоросли создавали основной фон, составляя от 75% летом до 90% зимой (по численности) и от 67% летом до 99% зимой (по биомассе). Синезеленые водоросли являлись субдоминантами, составляя от 1% весной до 20% летом и осенью (по численности) и от 1% весной до 22% летом (по биомассе).

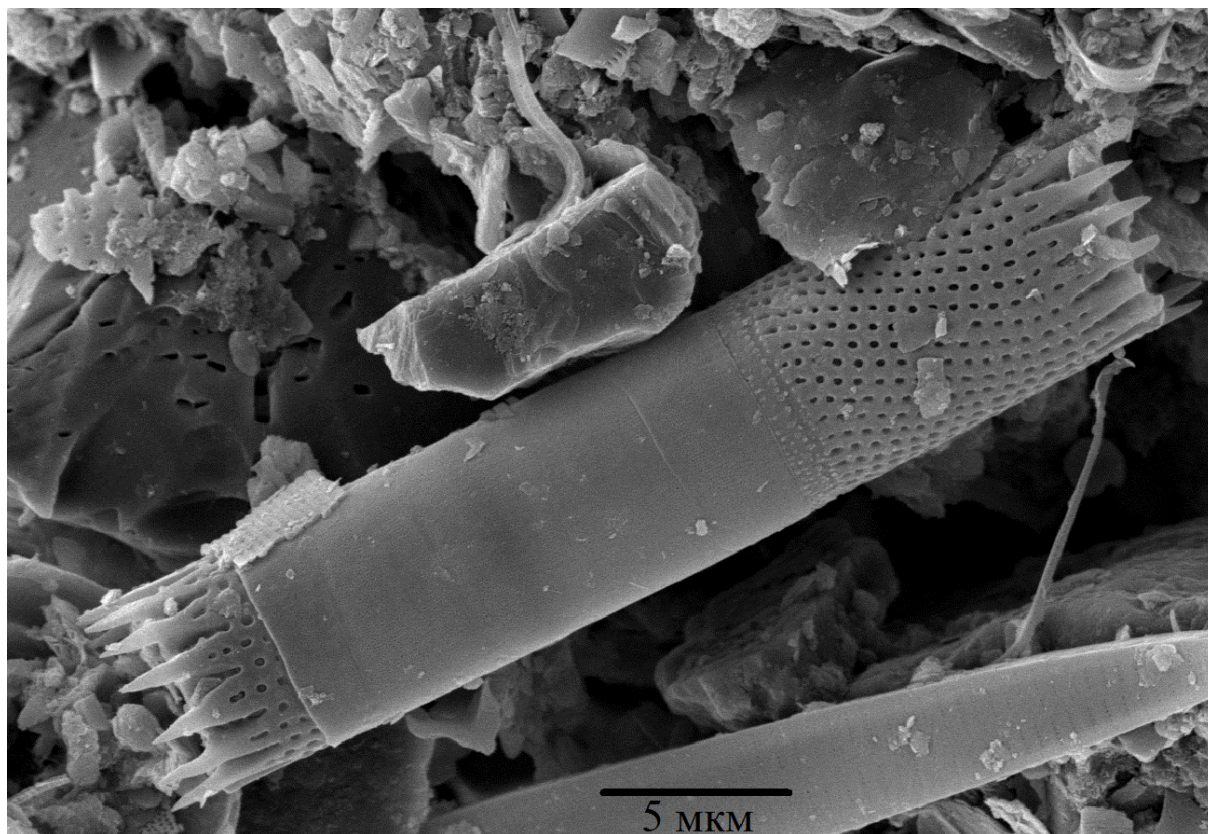


Рис. 1. *Aulacoseira subarctica* (фото М.И. Юрчак).

Табл. 1. Таксономический состав фитопланктона и микрофитобентоса р. Чёрной.

Отдел	Количество видов		
	Фитопланктон	Микрофитобентос	Общие для фитопланктона и микрофитобентоса
Bacillariophyta	40	42	36
Chlorophyta	23	8	8
Суанопрокaryota	12	7	7
Charophyta	5	5	2
Euglenophyta	2	2	2
Dinoflagellata	2	-	0
Ochrophyta	2	-	0
Всего	86	64	55

Диатомовые водоросли в микрофитобентосе в основном представлены таксонами из порядков Achnanthes (6), Eunotiales, Aulacoseirales, Cymbellales (по 3), Fragiliales, Tabellariales, Naviculales (по 2), Stephanodiscales, Thalassiosiphysales, Bacillariales, Surirellales (по 1). Разнообразие одношовных (порядок Achnanthes) связано с преобладанием песчаной фракции в грунте, поскольку они прикрепляются к поверхности песчинок.

Общими для фитопланктона и микрофитобентоса являлись 36 таксонов из отдела диатомовых водорослей, 7 – из отдела синезеленых, 8 – из отдела зеленых, 4 – из отдела харовых и 2 – из отдела эвгленовых водорослей (Табл. 1). В микрофитобентосе значимость диатомовых водорослей (66% от всего разнообразия) выше по сравнению с планктоном (47%). Подобное распределение типично для водных объектов умеренной зоны (Комулайнен, 2004). Зеленые и синезеленые водоросли значительно разнообразнее в планктоне, составляя соответственно 27% и 14% от общего разнообразия фитопланктона. Соотношение Суанопрокарйота/Chlorophyta в фитопланктоне – 1:2, что характерно для альгофлоры северных водоемов (Комулайнен, 1996). В то же время в микрофитобентосе это значение близко к 1:1, сходная разница для фитопланктона и перифитона отмечена С. Ф. Комулайненом (1996) и в ряде других работ.

Сезонная динамика водорослей как планктона, так и микрофитобентоса р. Чёрной показала пики обилия водорослей весной и ранней осенью (Рис. 2–5), что характерно для малых рек северо-запада. Максимальная численность фитопланктона весной и осенью в различные годы достигала 5.8 и 4 млн. кл/л соответственно (Рис. 2). Численность микрофитобентоса во время весеннего и осеннего пиков за время исследования составила 0.08 и 0.48 млн. кл/см² соответственно (Рис. 4).

Численность фитопланктона в р. Чёрной изменялась от 0.02 до 5.8 млн. кл./л (Рис. 2), биомасса – от 0.16 до 9.9 мг/л (Рис. 3). Сравнение наших данных по биомассе реофильного фитопланктона с результатами, полученными И. С. Трифионовой и др. (2018) для озерного фитопланктона, показало, что минимальные значения биомассы речного фитопланктона (0.02 мг/л) в несколько раз меньше, чем таковые лимнофитопланктона (1.6 мг/л), а максимальные – сходны (9.9 и 10.1 мг/л соответственно). В других малых реках Ленинградской области определены следующие значения обилия планктона: р. Дудергофка (нижнее течение) – 0.12–1.01 мг/л, р. Старожиловка (среднее течение) – 0.05–0.10 мг/л, р. Каменка (северо-запад Ленинградской области) – 4.9–33.6 мг/л в верхнем течении и 2.8–3.6 мг/л в нижнем течении (Павлова, 2016).

Численность микрофитобентоса в р. Чёрной изменялась от 0.002 до 0.48 млн. кл./см² (Рис. 4), биомасса – от 0.06 до 10 мг/см² (Рис. 5). Полученные данные по микрофитобентосу мы сравнили с данными по фитоперифитону малых рек республики Карелия (Комулайнен и Морозов, 2007).

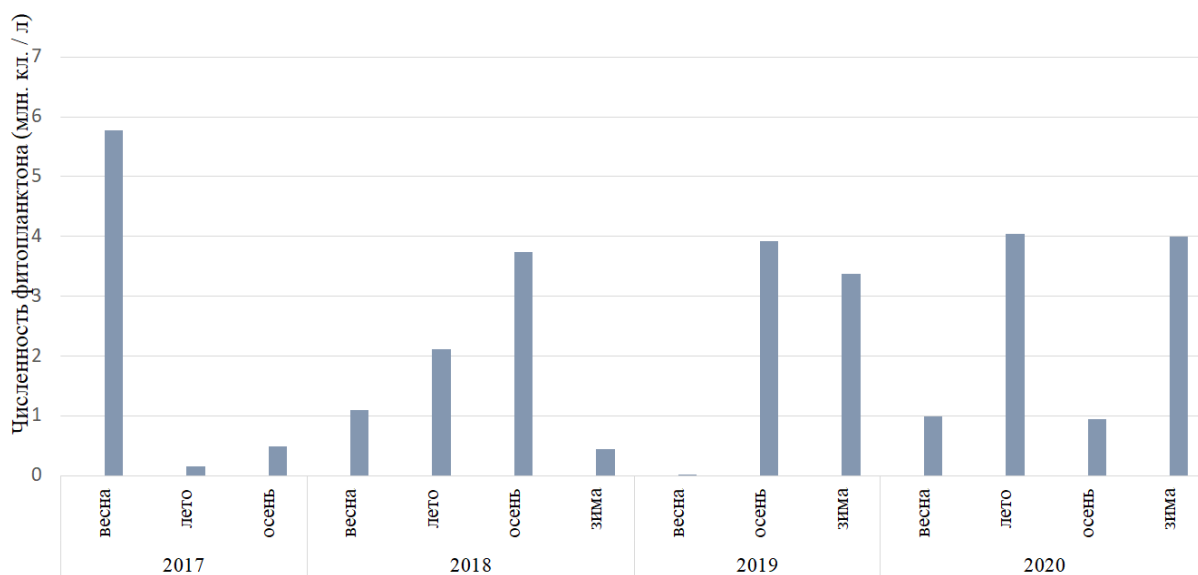


Рис. 2. Сезонные изменения численности (млн. кл/л) фитопланктона в р. Чёрной.

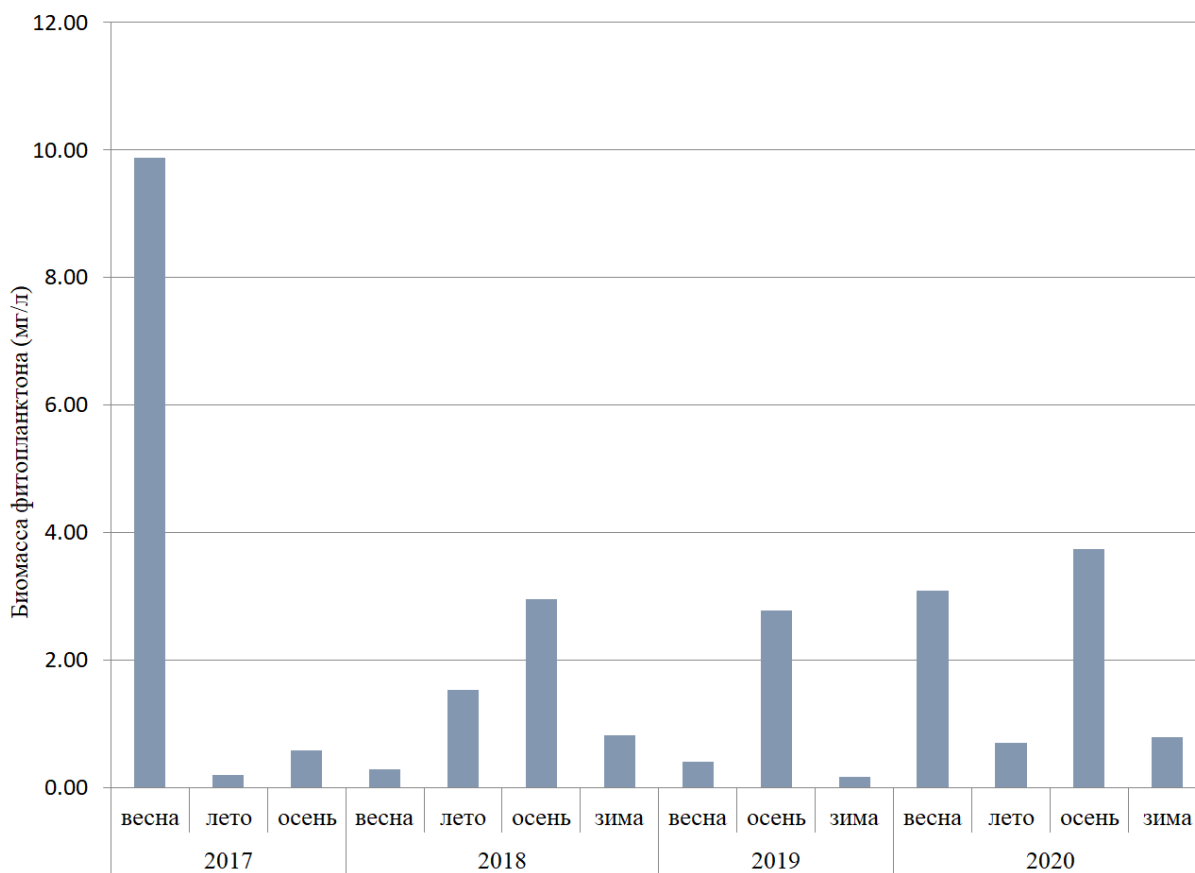


Рис. 3. Сезонные изменения биомассы (мг/л) фитопланктона в р. Чёрной.

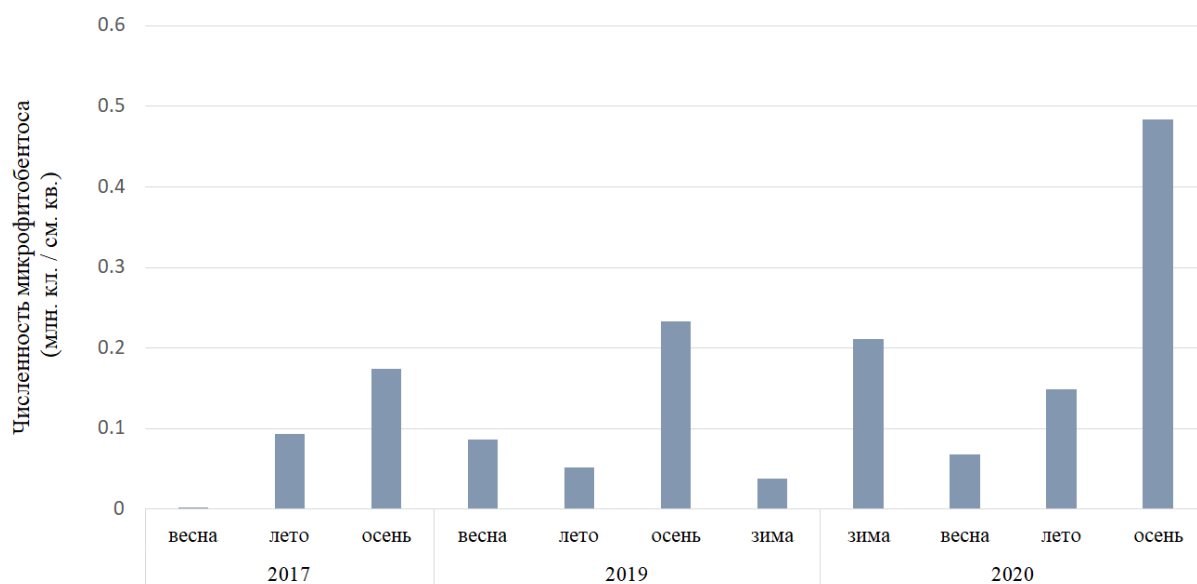


Рис. 4. Сезонные изменения численности микрофитобентоса (млн. кл./см²) в р. Чёрной.

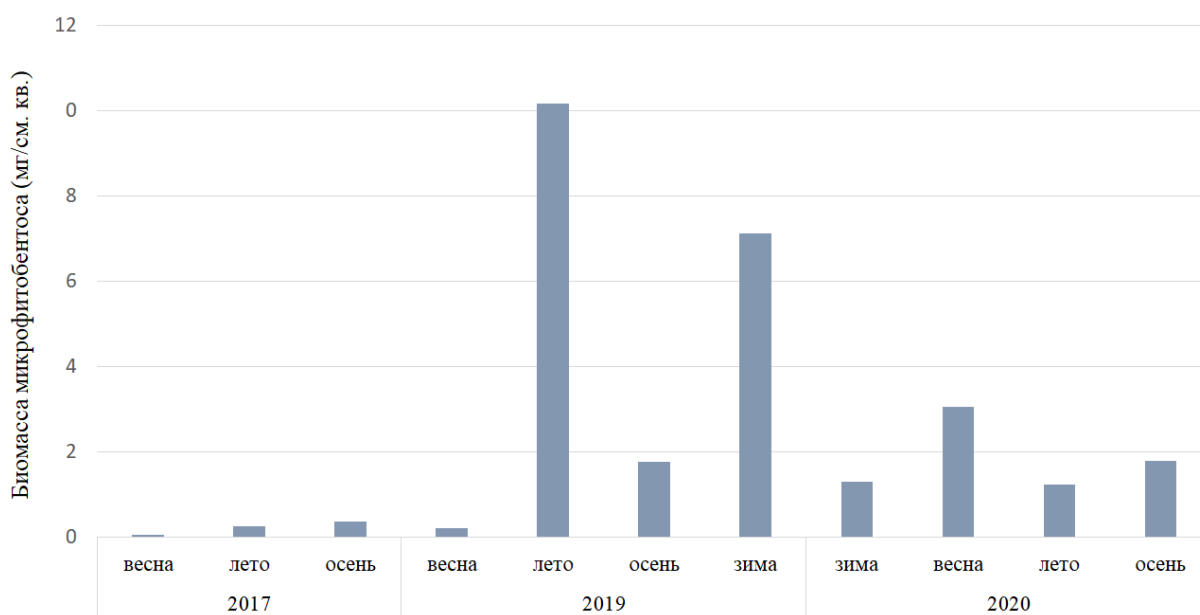


Рис. 5. Сезонные изменения биомассы микрофитобентоса (мг/см²) в р. Чёрной.

Сезонные изменения численности фитопланктона (тыс.кл./л) (2018 и 2020 гг.)

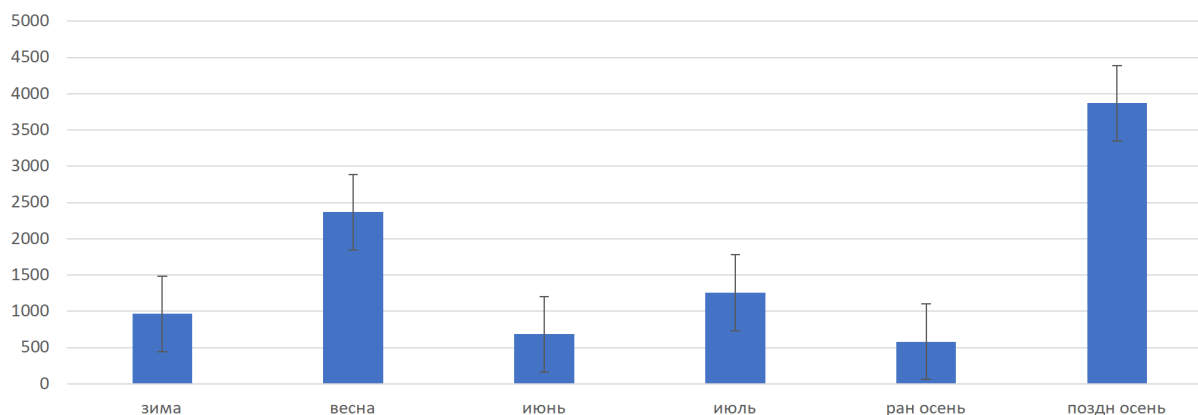


Рис. 6. Межгодовые изменения численности фитопланктона (тыс. кл/л) в р. Чёрной (усредненные данные за 2018 и 2020 гг.).

Значения численности в реках Неглинке (от 1 до 1816 тыс. кл. см²) и Лососинке (от 2 до 8230 тыс. кл./см²) изменялись в сходных пределах, диапазон значений биомасс был также схож (от 0.1 до 23.4 мг/см² в реке Неглинке и от 0.1 до 31.0 мг/см² в реке Лососинке).

Массовое развитие цианопрокариот, которое наблюдается в ряде рек региона (Трифонова и др., 2001), в р. Чёрной за время наших исследований не было отмечено ни в планктоне, ни в бентосе.

Весенние и осенние пики обилия в р. Чёрной отмечены в разные месяцы, что связано с межгодовыми колебаниями температуры на северо-западе России². В планктоне в 2017 г. был один выраженный пик в июне, численность в этом году изменялась от 0.15 до 5.8 млн. кл./л. В 2018 г. пики были в июле и сентябре, численность от 0.44 до 3.7 млн. кл./л. В 2019 г. максимум числа клеток отмечался в апреле и октябре, численность от 0.02 до 3.9 млн. кл./л. В 2020 г. пики отмечены в мае и в конце сентября, численность от 0.95 до 4.05 млн. кл./л. В микрофитобентосе в 2017 г. был один пик в октябре, численность от 0.002 до 0.2 млн. кл./см². В 2018 г. фиксировался пик только в сентябре, поскольку в мае отбор проб микрофитобентоса был затруднен в связи с повышенным уровнем воды, численность изменялась от 0.04 до 0.23 млн. кл./см². В 2019 г. отобрана одна проба в октябре, в это время в планктоне отмечен осенний пик, численность составляла 0.6 млн. кл./см². В 2020 г. выявлены максимумы в июне и в конце сентября, численность варьировала от 0.07 до 0.48 млн. кл./см².

Большой разброс показателей обилия и высокие стандартные ошибки (Рис. 6) не позволили подтвердить межгодовую изменчивость статистическими методами. Порядок величин общих численностей и биомасс в зависимости от года существенно варьировал. Для микроводорослей Северо-Запада России годовые колебания численности на 2–3 порядка являются нормальным явлением (Бульон, 1994).

Заключение

Фитопланктон р. Чёрной характеризовался большим разнообразием таксонов по сравнению с микрофитобентосом (86 таксона из 7 отделов – фитопланктон, 64 таксона из 5 отделов – микрофитобентос). Доминировали диатомовые водоросли, зеленые и синезеленые являлись субдоминантами в планктоне и в микрофитобентосе. *Aulacoseira subarctica* встречалась во всех пробах, достигая до 80% по численности и по биомассе.

Для планктона и микрофитобентоса отмечены два характерных пика обилия – весной и осенью. Изменения межгодовых показателей обилия и таксономического состава не выявлены. Ме-

² Rp5. Расписание погоды. Интернет-ресурс. URL: https://rp5.ru/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D1%8B_%D0%B2_%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82-%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B5 (дата обращения: 03.02.2025).

жгодовые пики обилия (в особенности весенний) сдвигались в соответствии с изменениями погодных условий, характерных для северо-запада России.

Список литературы

- Алекин, О.А., 1953. Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат, Ленинград, СССР, 296 с.
- Богатов, В.В., Федоровский, А.С., 2017. Основы речной гидрологии и гидробиологии. Дальнаука, Владивосток, Россия, 384 с.
- Бульон, В.В., 1994. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. Наука, Санкт-Петербург, Россия, 222 с.
- Генкал, С.И., Трифонова, И.С., 2005. Новые и интересные находки представителей рода *Aulacoseira* в реках Северо-Запада России. *Новости систематики низших растений* 38, 32–37.
- Забелина, М.М., Киселев, И.А., Прошкина-Лавренко, А.И., Шешукова, В.С., 1951. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. Наука, Москва, СССР, 620 с.
- Комулайнен, С.Ф., 1996. Перифитон Ленинградской, Мурманской областей и Республики Карелия. Оперативно-информационные материалы. Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия, 39 с.
- Комулайнен, С.Ф., 2003. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия, 43 с.
- Комулайнен, С.Ф., 2004. Экология фитоперифитона малых рек восточной Фенноскандии. Карельский научный центр РАН, Петрозаводск, Россия, 182 с.
- Комулайнен, С.Ф., Морозов, А.К., 2007. Изменение структуры фитоперифитона в малых реках урбанизированных территорий. *Водные ресурсы* 34 (3), 356–363.
- Павлова, О.А., 2016. Сообщества фитопланктона озерно-речных систем Санкт-Петербурга. *Известия Самарского научного центра РАН* 18 (2), 462–466.
- Радченко, И.Г., Капков, В.И., Федоров, В.Д., 2010. Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. Мордвинцев, Москва, Россия, 60 с.
- Семейкина, П.И., 2014. Таксономическая и эколого-географическая структура фитопланктона двух малых рек г. Перми. *Материалы лекций II Всероссийской школы-конференции «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана»*. Т. 2. Борок, Россия, 341–343.
- Трифонова, И.С., Афанасьева, А.Л., Павлова, О.А., 2001. Видовой состав и биомасса фитопланктона притоков Ладожского озера и реки Невы. *Ботанический журнал* 35, 34–35.
- Трифонова, И.С., Афанасьева, А.Л., Русанов, А.Г., Станиславская, Е.В., 2014. Растительные сообщества озер Центральной части Карельского перешейка как индикаторы их экологического состояния. *Известия Самарского научного центра РАН* 16 (1), 1034–1038.
- Трифонова, И.С., Афанасьева, А.Л., Макарецова, Е.С., Бардинский, Д.С., 2016. Соотношение фито- и зоопланктона в разнотипных озерах Карельского перешейка. *Известия Самарского научного центра РАН* 18 (2), 515–519.
- Трифонова, И.С., Афанасьева, А.Л., Родионова, Н.В. 2018. Сезонная динамика фито- и зоопланктона эвтрофирующегося озера в разные по водности и температурным условиям годы. *Региональная экология* 3, 29–38.

- Федоровский, А.С., 1985. Формирование водных ресурсов малых рек юга Дальнего Востока. ДВНЦ АН СССР, Владивосток, СССР, 124 с.
- Царенко, П.М., 1990. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Наукова думка, Киев, СССР, 208 с.
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. *Süswasserflora von Mitteleuropa* **19** (1), 1–548.
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *Süswasserflora von Mitteleuropa* **19** (2), 1–759.
- Methods for the study of marine benthos. Fourth Edition, 2013. Eleftheriou, A. (ed.). John Wiley & Sons, Oxford, UK, 477 p.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G., 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 747 p.

References

- Alekin, O.A., 1953. Osnovy gidrokhimii [Fundamentals of hydrochemistry]. Gidrometizdat, Leningrad, USSR, 296 p. (In Russian).
- Bogatov, V.V., Fedorovskiy, A.S., 2017. Basics of river hydrology and hydrobiology [Osnovy rechnoi gidrologii i gidrobiologii]. Dalnauka, Vladivostok, Russia, 384 p. (In Russian).
- Boulion, V.V., 1994. Zakonomernosti pervichnoi produktsii v limnicheskikh ekosistemakh [Patterns of primary production in limnic ecosystems]. Nauka, St. Petersburg, Russia, 222 p. (In Russian).
- Genkal, S.I., Trifonova, I.S., 2005. Novye i interesnye nakhodki predstavitelei roda *Aulacoseira* v rekakh Severo-Zapada Rossii [New and interesting species of the genus *Aulacoseira* in rivers of the North-West of Russia]. *Novosti sistematiki nizshih rastenii [News On the Taxonomy of Lower Plants]* **38**, 32–37. (In Russian).
- Fedorovskiy, A.S., 1985. Formirovanie vodnykh resursov malykh rek yuga Dal'nego Vostoka [Formation of water resources of small rivers in the south of the Far East]. Far Eastern Scientific Center RAS, Vladivostok, Russia, 124 p. (In Russian).
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 1998. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. *Süswasserflora von Mitteleuropa* **19** (1), 1–548.
- Komárek, J., Anagnostidis, K., 2005. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. *Süswasserflora von Mitteleuropa* **19** (2), 1–759.
- Komulainen, S.F., 1996. Perifiton Leningradskoi, Murmanskoi oblasti i respubliki Karelia [Periphyton of Leningrad, Murmansk regions and Republic of Karelia]. Operational information materials. Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia, 39 p. (In Russian).
- Komulainen, S.F., 2003. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniiu fitoperifitona v malykh rekakh [Guidelines for the study of attached algal communities in small stream]. Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia, 43 p. (In Russian).
- Komulainen, S.F., 2004. Ekologia fitoperifitona malykh rek vostochnoi Fennoscandii [Ecology of phytoplankton in small rivers of eastern Fennoscandia]. Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia, 182 p. (In Russian).

- Komulainen, S.F., Morozov, A.K., 2007. Izmenenie struktury fitoperifitona v mal'nykh rekakh urbanizirovannykh territorii [Variation in phytoperiphyton structure in small rivers flowing over urbanized areas]. *Vodnye resursy [Water Resources]* **34** (3), 356–363. (In Russian).
- Methods for the study of marine benthos. Fourth Edition, 2013. Eleftheriou, A. (ed.). John Wiley & Sons, Oxford, UK, 477 p.
- Pavlova, O.A., 2016. Soobshchestva fitoplanktona ozerno-rechnykh sistem Sankt-Peterburga [Phytoplankton communities of St. Petersburg lake-rivers system]. *Izvestia of Samara Scientific Centre RAS* **18** (2), 462–466. (In Russian).
- Radchenko, I.G., Kapkov, V.I., Fedorov, V.D., 2010. Prakticheskoe rukovodstvo po sboru i analizu prob morskogo fitoplanktona [A practical guide to the collection and analysis of marine phytoplankton samples]. Mordvintsev, Moscow, Russia, 60 p. (In Russian).
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G., 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 747 p.
- Semeykina, P.I., 2014. Taksonomicheskaya i ekologo-geograficheskaya struktura fitoplanktona dvuh mal'nykh rek g. Permi [Taxonomic and ecological-geographical structure of phytoplankton of two small rivers of Perm]. *Materialy lektsii II Vserossiiskoi shkoly-konferentsii "Ekosistemy mal'nykh rek: bioraznoobraziia, ekologiya, okhrana". T. 2 [Lecture materials of the II All-Russian school-conference "Ecosystems of small rivers: biodiversity, ecology, protection". V. 2]*. Borok, Russia, 341–343. (In Russian).
- Trifonova, I.S., Afanasieva, A.L., Pavlova, O.A., 2001. Vidovoi sostav i biomassa fitoplanktona pritokov Ladozhskogo ozera i reki Nevy [Species composition and biomass of phytoplankton in the tributaries of Lake Ladoga and the Neva River], *Botanicheskii zhurnal [Botanical Journal]* **35**, 34–35. (In Russian).
- Trifonova, I.S., Afanasieva, A.L., Rusanov, A.G., Stanislavskaya, E.V., 2014. Rastitel'nye soobshchestva ozer central'noi chasti Karel'skogo peresheika kak indikatory ikh ekologicheskogo sostoyaniya [Plant communities of lakes in the Central part of the Karelian Isthmus as indicators of their ecological state]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]* **16** (1), 1034–1038. (In Russian).
- Trifonova, I.S., Afanasieva, A.L., Makartseva, E.S., Bardinskiy, D.S., 2016. Sootnoshenie fito- i zooplanktona v raznotipnykh ozerakh Karel'skogo peresheika [Phyto- and zooplankton ratio in the Karelian isthmus lakes of different type]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]* **18** (2), 515–519. (In Russian).
- Trifonova, I.S., Afanasieva, A.L., Rodionova, N.V., 2018. Sezonnaia dinamika fito- i zooplanktona evtrofiruiushchegosia ozera v raznye po vodnosti i temperaturnym usloviyam gody [Seasonal dynamics of phyto- and zooplankton of a eutrophicating lake in years with different water content and temperature conditions]. *Regional'naya ekologiya [Regional Ecology]* **3**, 29–38. (In Russian).
- Tsarenko, P.M., 1990. Kratkii opredelitel' khlorokokkovykh vodoroslei Ukrainskoi SSR [Brief guide to chlorococcal algae of the Ukrainian SSR]. Naukova dumka, Kiev, USSR, 208 p. (In Russian).
- Zabelina, M.M., Kiselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I., Sheshukova, V.S., 1951. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 4. Diatomovye vodorosli [Identification book of freshwater algae. Vol. 4. Diatoms]. Nauka, Moscow, USSR, 620 p. (In Russian).