

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 574.5
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-2-136-146>

Поступила в редакцию 08.11.2022
Received 08.11.2022

А. Ю. Карпаева

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ЧИСЛЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПЕЛАГИАЛИ И ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА ОБСТЕРНО

Аннотация. Изучены сезонные изменения таксономического состава и численности фитопланктона в литорали и пелагиали оз. Обстерно. Установлены характерные различия для литорали и пелагиали. Так, численность фитопланктона в литоральной зоне была выше в апреле, августе и декабре, в остальные месяцы она была выше в пелагической зоне. В эти же месяцы было выше и его видовое богатство в литоральной зоне. На выявленные различия в наибольшей степени влияло как количество биогенных элементов (азота и фосфора), так и температурный фактор.

Ключевые слова: фитопланктон, сезонная динамика, видовой состав, численность, литораль, пелагиаль

Для цитирования: Карпаева, А. Ю. Сезонные изменения таксономической структуры и численности фитопланктона в пелагиали и литорали озера Обстерно / А. Ю. Карпаева // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук. – 2023. – Т. 68, № 2. – С. 136–146. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-2-136-146>

Anastasiya Yu. Karpaeva

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources,
Minsk, Republic of Belarus*

SEASONAL CHANGES IN THE TAXONOMICAL STRUCTURE AND ABUNDANCE OF PHYTOPLANKTON IN THE PELAGIAL AND LITTORAL ZONES OF OBSTERNO LAKE

Abstract. We studied the seasonal changes in the taxonomic composition and abundance of phytoplankton in the littoral and pelagic zones of Obsterno Lake. A number of important differences recorded for the littoral and pelagic zones. The abundance in the littoral zone is higher in April, August and December. In other months it is higher in the pelagic zone. In the same months, the species richness in the littoral zone is also higher. These differences were influenced by such factors as biogenic elements (nitrogen and phosphorus), as well as the temperature factor.

Keywords: phytoplankton, seasonal dynamics, species composition, abundance, littoral, pelagial

For citation: Karpaeva A. Yu. Seasonal changes in the taxonomical structure and abundance of phytoplankton in the pelagial and littoral zones of Obsterno Lake. *Vestsi Natsyyanal' nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2023, vol. 68, no. 2, pp. 136–146 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-2-136-146>

Введение. Фитопланктон является одной из наиболее восприимчивых к изменяющимся факторам среды экологической группой [1]. В связи с этим различия в видовом и количественном составе наблюдаются как между озерами, так и в каждом озере в отдельности. Кроме того, значительные различия видового состава и численности отмечаются не только в течение одного вегетационного сезона, но и в определенный момент времени в разных участках водоема [2].

Для сообществ литорали и пелагиали характерен ряд значительных отличий. Доступно большое количество источников литературы, в которых описаны общие закономерности пелагических и литоральных зон как морских, так и пресноводных водоемов [2, 3]. В то же время в большинстве исследований приводятся в основном морфометрические, гидрохимические различия литорали и пелагиали, а количество работ, посвященных сравнительному анализу разнообразия и динамики численности фитопланктона в литоральной и пелагической зонах озер Беларуси, невелико [4, 5].

Цель работы – изучение фитопланктонных сообществ для прогнозирования развития локальных водных экосистем, а также возможных последствий их эвтрофирования.

Материалы и методы исследования. Материалом для настоящей работы служили пробы фитопланктона, собранные в течение вегетационного сезона с апреля по ноябрь в 2020 и 2021 гг. в литоральной и пелагической зонах мезотрофного мелководного оз. Обстерно.

Оз. Обстерно расположено в Миорском районе Витебской области, входит в Обстерновскую (Перебродскую) группу озер. Его площадь составляет 9,89 км², средняя глубина – 5,3 м, прозрачность в летние месяцы по диску Секки – 4,5 м [5, 6]. Температура воды в поверхностном слое и у дна различается в среднем на 1,8–2 °С, у дна – почти на 1 °С.

Отбор проб фитопланктона производили по общепринятым гидробиологическим методам [7]. С каждой станции (литораль и пелагиаль) отбирали разово по три пробы и проводили фиксацию их формалином, концентрация которого в пробе составляла 2 %.

Параллельно проводили измерение основных абиотических факторов, обуславливающих развитие фитопланктона в водоеме (см. таблицу). В лабораторных условиях определяли гидрохимические показатели (концентрации азота, аммонийного азота и минерального фосфора). Содержание фосфатов, а также ионов азота и аммония определяли с помощью прибора Hanna 83000, растворенного фосфора – путем добавления персульфата (NH₄)₂S₂O₈) и аскорбиновой кислоты.

Статистическую значимость различий между двумя выборками определяли после нормализации данных методом логарифмирования с помощью программ STATISTICA 8.0 и Microsoft Excel 2013.

Показатели основных абиотических факторов и концентрации биогенных элементов в литорали и пелагиали оз. Обстерно в 2020–2021 гг.

Main abiotic factors and the concentration of biogenic elements in the littoral and pelagial of Lake Obsterno in 2020–2021

Показатель	2020 г.		2021 г.	
	Литораль	Пелагиаль	Литораль	Пелагиаль
<i>Апрель</i>				
Температура, °С	8,8	10,3	–	–
pH	7,5	7,4	–	–
PO ₄ , мг/л	0,023	0,016	–	–
NO ₃ , мг/л	2	1,5	–	–
NH ₄ , мг/л	0,22	0,2	–	–
<i>Май</i>				
Температура, °С	–	–	13,1	11,2
pH	–	–	8,13	8,19
PO ₄ , мг/л	–	–	0,02	0,2
NO ₃ , мг/л	–	–	0	0
NH ₄ , мг/л	–	–	0,08	0,09
<i>Июнь</i>				
Температура, °С	21,1	20,8	22,4	20,6
pH	9,02	9,08	8,14	8,11
PO ₄ , мг/л	0,046	0,087	0,023	0,037
NO ₃ , мг/л	1,3	1,5	0,2	0
NH ₄ , мг/л	0,39	0,68	0,2	0,27
<i>Июль</i>				
Температура, °С	22,5	22,1	24,5	25
pH	7,4	7,5	8,68	8,83
PO ₄ , мг/л	0,03	0,048	0,017	0,32
NO ₃ , мг/л	2,4	2,2	0,04	0
NH ₄ , мг/л	0,3	0,31	0,17	0,09

Окончание таблицы

Показатель	2020 г.		2021 г.	
	Литораль	Пелагиаль	Литораль	Пелагиаль
<i>Август</i>				
Температура, °С	–	–	22,6	22
pH	–	–	8,62	8,32
PO ₄ , мг/л	–	–	0,017	0,056
NO ₃ , мг/л	–	–	0,04	0
NH ₄ , мг/л	–	–	0,09	0,09
<i>Сентябрь</i>				
Температура, °С	18,5	18	11,3	11,1
pH	7,3	7,2	8,6	8,43
PO ₄ , мг/л	0,017	0,043	–	–
NO ₃ , мг/л	2,5	0,4	–	–
NH ₄ , мг/л	0,05	0,27	–	–
<i>Ноябрь</i>				
Температура, °С	7,9	7,9	–	–
pH	7,3	7,2	–	–
PO ₄ , мг/л	0,05	0,3	–	–
NO ₃ , мг/л	0,4	0	–	–
NH ₄ , мг/л	0,15	0,24	–	–
<i>Декабрь</i>				
Температура, °С	–	–	2	2
pH	–	–	8,4	8,5

В лабораторных условиях концентрацию фитопланктона определяли методом отстаивания (изначальный объем – 0,5 л). Подсчет плотности (численности) фитопланктона осуществляли в камере Фукса–Розенталя.

Видовой состав определяли с помощью светового микроскопа фирмы micro Austria и CarlZeiss (модель Axiostarplus) при 100-, 200- и 400-кратном увеличении.

Результаты и их обсуждение. Анализ таксономической структуры фитопланктона оз. Обстерно показал, что в водоеме представлено 7 отделов водорослей, включающих 11 классов, 16 порядков, 35 семейств, 49 родов и 74 вида.

Количество видов в отделах распределено неравнозначно. Наибольшее видовое богатство характерно для отдела Chlorophyta (39 % от общего числа видов). Зеленые водоросли представлены 29 видами, которые относятся к 20 родам из 13 семейств, объединенных в 5 порядков.

По числу видов выделяются роды *Oocystis* (4) и *Scenedesmus* (3). Остальные роды представлены одним-двумя видами. Также значительную часть видового богатства составляют представители отдела Bacillariophyta (26 видов). На долю этого отдела приходится 35 % от общего числа видов. В данном отделе по количеству видов преобладали роды *Cymbella* (5) и *Navicula* (4).

На основании полученных данных проведен сравнительный анализ сезонных изменений таксономического состава и численности фитопланктона в пелагиали и литорали оз. Обстерно. Сезонная динамика численности фитопланктона в целом соответствовала PEG-модели сезонной сукцессии стандартного озера [8].

Апрель. В апреле различия между литоральной и пелагической зонами были выражены незначительно. Численность в пелагиали составила 1,24 млн кл/л, в литорали – 1,46 млн кл/л. Доминирующими на обеих станциях были отделы Cyanophyta и Bacillariophyta (рис. 1).

Для литорали и пелагиали характерно небольшое видовое богатство. В апреле в литорали было обнаружено 20 видов водорослей фитопланктона, в пелагиали – 17. Общее для двух станций число видов – 16. Индекс Сёренсена составил 0,70.

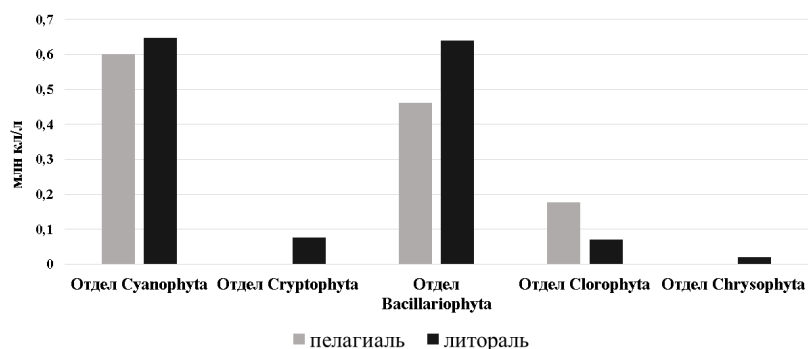


Рис. 1. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в апреле

Fig. 1. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in April

Выявленное сходство между двумя биотопами можно объяснить сходством биотических факторов: температура на двух станциях отличалась на 1,5 °C (у дна различий не наблюдалось), концентрация биогенных элементов также имела незначительные различия.

Май. В мае различия в численности между двумя станциями по-прежнему были статически незначимы (t -критерий составил 0,24). Численность в литорали составила 1,49 млн кл/л, в пелагиали – 1,53 млн кл/л. Основную долю в видовом богатстве в пелагиали составили диатомовые – 0,48 млн кл/л. В литоральной зоне численность диатомовых была значительно ниже – 0,1 млн кл/л. В литорали доминировали виды отделов Cyanophyta и Chrysophyta (рис. 2). Увеличение доли отдела Chrysophyta (35 %) и сокращение при этом численности диатомовых, вероятно, связано с низкими концентрациями неорганического фосфора (литораль – 0,02 мг/л, пелагиаль – 0,2 мг/л). При таких концентрациях резко возрастает численность видов *Dinobryon divergens* и *Dinobryon bavaricum*, однако для видов других отделов указанные выше концентрации являются слишком низкими [9].

Количество видов в пелагиали в мае было заметно выше (21 вид), в то время как в литоральной зоне было обнаружено всего 12 видов. Общими для двух станций были всего 5 видов, коэффициент Сёренсена составил 0,36.

Поскольку количество идентифицированных видов в пелагиали выше преимущественно за счет диатомовых, можно предположить, что основной причиной различий в этом месяце послужил лучший прогрев литоральной зоны, где температура была на 2 °C выше, чем в пелагиали (там все еще доминировали холодолюбивые диатомовые *Stephanodiscus sp.* и *Asterionella formosa*).

Июнь. Для июня характерно значительное увеличение численности фитопланктона. Максимальная его численность была зафиксирована в пелагической зоне (в 2020 г. – 3,63 млн кл/л, в 2021 г. – 4,32 млн кл/л). В литорали численность фитопланктона была несколько ниже (в 2020 г. – 2,28 млн кл/л, в 2021 г. – 1,9 млн кл/л). Более низкие значения численности в литоральной зоне можно объяснить пониженным содержанием минерального азота и фосфора в сравнении с пела-

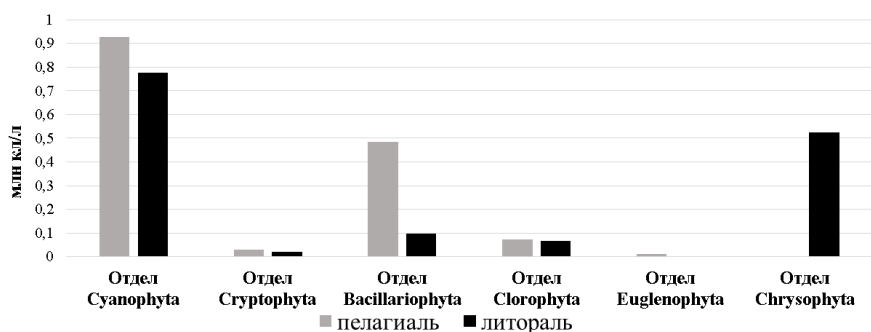


Рис. 2. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в мае

Fig. 2. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in May

гической зоной. В связи с этим численность водорослей отдела Cyanophyta в литоральной зоне была ниже, чем в пелагиали (рис. 3). В 2020 г. в литорали она составила 0,73 млн кл/л (1,82 млн кл/л в пелагиали), а в 2021 г. – 1,27 млн кл/л (3,76 млн кл/л в пелагиали).

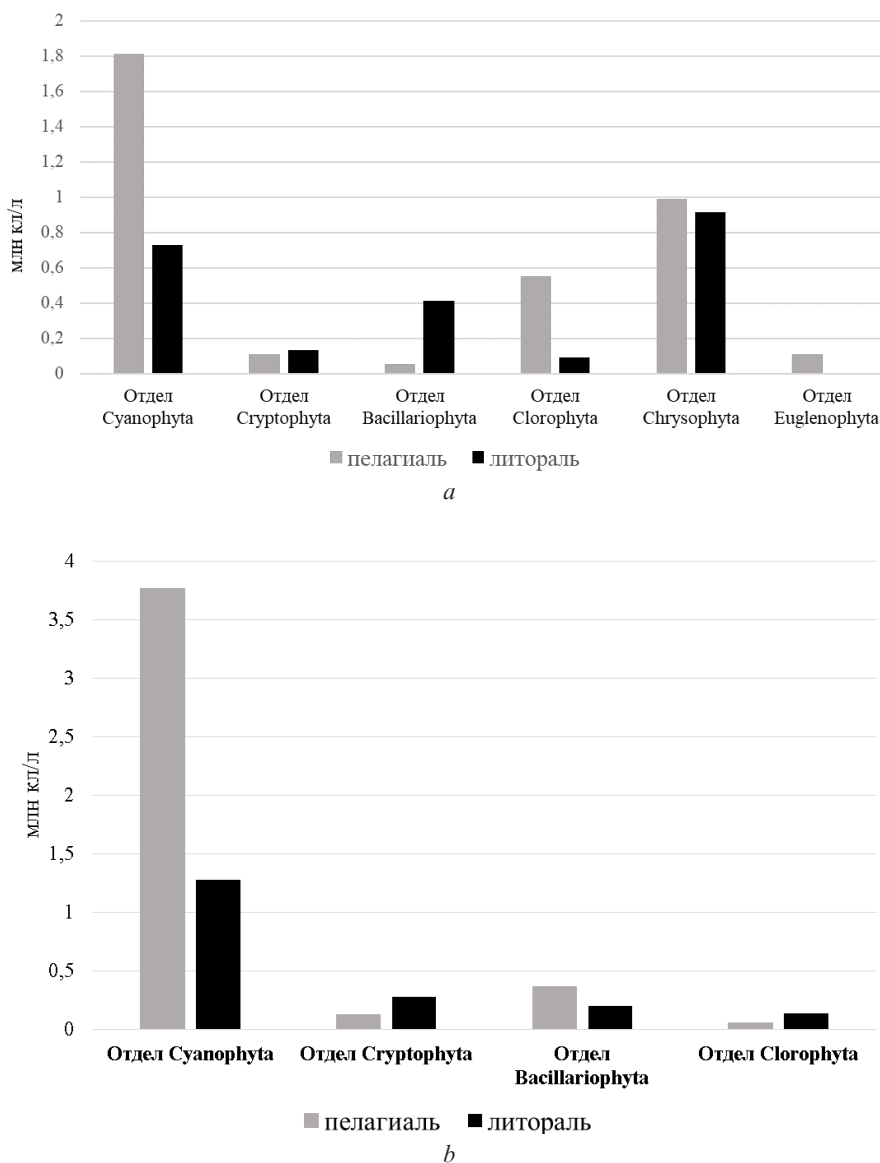


Рис. 3. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в июне (a – 2020 г., b – 2021 г.)

Fig. 3. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagic and littoral zones in June (a – 2020, b – 2021)

Кроме того, представленные зоны отличались по видовому богатству. В пелагической зоне обнаружено 12 (2020 г.) и 11 (2021 г.) видов, в литоральной – 13 (2020 г.) и 15 (2021 г.). Количество общих для двух биотопов видов не превышало 5. Индекс Сёренсена в 2020 г. составил 0,2, в 2021 г. – 0,38.

Июль. По сравнению с предыдущим месяцем численность фитопланктона в июле значительно снизилась. Максимум был зафиксирован в пелагической зоне: в 2020 г. – 0,58 млн кл/л, в 2021 г. – 2,04 млн кл/л. Значения средней численности в литоральной зоне оказались более низкими (в 2020 г. – 0,5 млн кл/л, в 2021 г. – 1,97 млн кл/л).

Кроме того, отмечалась явное увеличение доли отдела Chlorophyta по сравнению с предыдущими месяцами. Этот отдел преобладал также по количеству видов (в 2020 г. – 8, в 2021 г. – 9). Развитие водорослей отдела Chlorophyta в основном было лимитировано концентрациями минерального азота, в меньшей степени – фосфора. Так как в июле концентрации фосфора были низ-

кими, а концентрации азота, наоборот, высокими, зеленые водоросли развивались лучше, чем водоросли других отделов [10]. Особенно это было характерно для *Dictyosphaerium pulchellum*, который преобладал по численности оба сезона. Его развитие напрямую зависело от содержания азота [11].

Как и в предыдущем месяце, по численности доминировал отдел Cyanophyta. В 2020 г. на его долю приходилось 55 % от общей численности фитопланктона, в 2021 г. – 42 %. Снижение численности данного отдела в июле может быть связано со слишком высокими температурами прогрева воды как в литоральной части, так и в пелагиали.

Следует также отметить, что между литоральной и пелагической зонами как в 2020 г., так и в 2021 г. процентные различия по численности были незначительны (рис. 4). Более высокая численность, отмеченная в 2021 г. в пелагической части озера, по всей видимости, объясняется высокой концентрацией биогенного фосфора в пелагиали (0,32 мг/л) и значительно более низкими его значениями в литорали (0,017 мг/л).

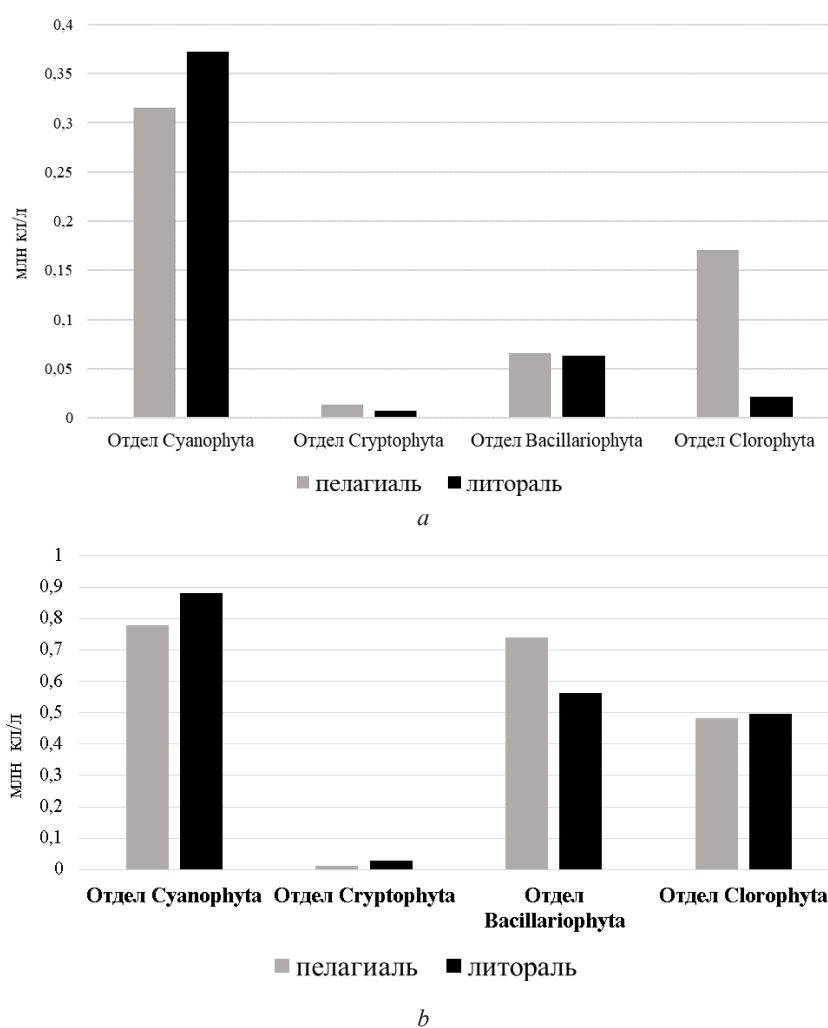


Рис. 4. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в июле (a – 2020 г., b – 2021 г.)

Fig. 4. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in July (a – 2020, b – 2021)

Видовое богатство в 2020 г. в пелагиали составило 12 видов, в то время как в литоральной части озера идентифицировано 14 видов. В 2021 г. была выявлена иная закономерность. В пелагиали идентифицирован 21 вид, в литорали – 18 видов. Однако различия в количестве видов между станциями в данном случае были незначительными. Кроме того, следует отметить,

что количество общих для двух биотопов видов в 2021 г. было достаточно высоким (11 видов). Индекс Сёренсена в 2021 г. составил 0,56. В 2020 г. эти значения были несколько ниже. Общими для двух станций были 5 видов (индекс Сёренсена – 0,38).

Август. Для августа характерны небольшие колебания численности. В пелагиали изменения незначительны. Численность оставалась приблизительно на прежнем уровне – 1,51 млн кл/л. При этом средняя температура воды в пелагиали составила 22 °С, что на два градуса ниже, чем в предыдущем месяце. Кроме того, резко снизилась концентрация минерального фосфора, однако на численности синезеленых водорослей это существенно не сказалось. В основном снижение численности происходило за счет водорослей отделов Chlorophyta и Bacillariophyta.

Иная картина наблюдалась в литоральной части: здесь численность фитопланктона увеличилась с 1,97 до 3,03 млн кл/л. На фоне снижения численности водорослей отделов Chlorophyta и Bacillariophyta увеличилась доля отдела Cyanophyta – с 0,88 млн кл/л в июле до 1,98 млн кл/л в августе. Данная закономерность может быть связана с понижением температуры и достижением температурного оптимума для некоторых видов синезеленых водорослей (рис. 5).

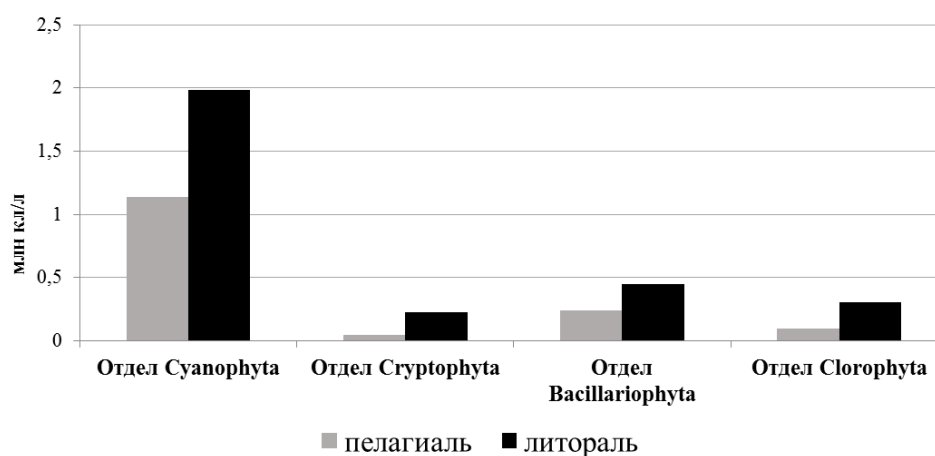


Рис. 5. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в августе 2021 г.

Fig. 5. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in August 2021

В литорали обнаружено также большее количество видов (17), чем в пелагиали (12). Высокое видовое богатство в литорали обычно обусловлено гетерогенностью местообитаний (морфологией дна, разнообразной водной растительностью). Помимо этого, метаболиты водной растительности могут оказывать как отрицательный, так и стимулирующий эффект на развитие различных видов фитопланктона [4].

В литорали идентифицировано большее количество видов цианобактерий и зеленых водорослей, в то время как в пелагиали, где температуры были ниже, зафиксировано большее количество диатомовых водорослей. При этом коэффициент Сёренсена оставался достаточно высоким – 0,63.

Сентябрь. Для этого месяца характерны средние годовые величины численности фитопланктона. Средняя численность для всего озера в сентябре 2020 г. составила 2,42 млн кл/л, в 2021 г. – 1,39 млн кл/л. Соответственно, уменьшение средней численности было связано со снижением средней температуры воды.

В сентябре между литоралью и пелагиалью также имелись свои различия: наибольшая численность как в 2020 г. (2,84 млн кл/л), так и в 2021 г. (2,79 млн кл/л) зафиксирована в пелагической зоне. Для литорали эти значения были несколько ниже – 1,99 млн кл/л в 2020 г. и 2 млн кл/л в 2021 г. В пелагиали значительно интенсивнее развивались представители отдела Cyanophyta, численность которых в 2020 г. составила 2,2 млн кл/л, а в 2021 г. – 2,16 млн кл/л (для сравнения: в литоральной части оз. Обстерно численность синезеленых водорослей как в 2020 г., так и в 2021 г. не превышала 1,3 млн кл/л). Доминирующим видом на обеих станциях был *Microcystis*

aeruginosa. Его интенсивное развитие в этом месяце можно объяснить высокими величинами pH (>8) в 2021 г., стабильной вертикальной стратификацией столба воды, все еще высоким уровнем надводной освещенности и достаточно высокими показателями концентрации биогенного азота и фосфора [12].

Низкие значения численности как в 2020 г., так и в 2021 г. в литоральной части были характерны для отдела Chlorophyta, более высокие – для диатомовых водорослей (рис. 6).

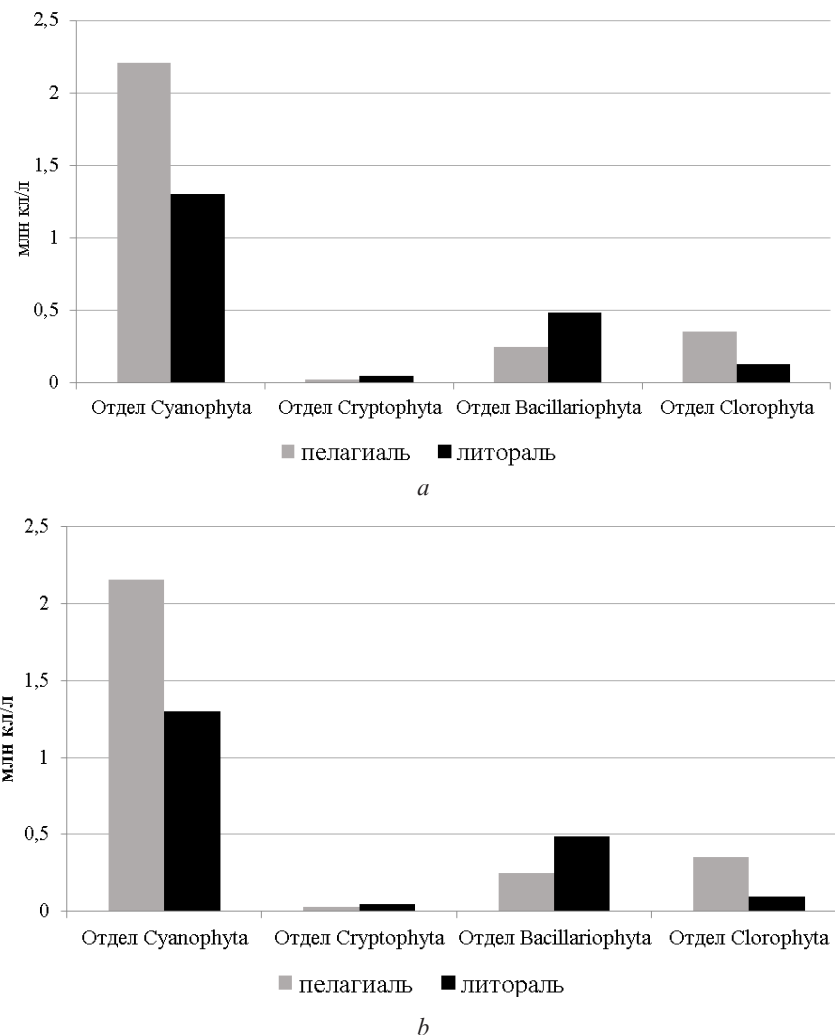


Рис. 6. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в сентябре (a – 2020 г., b – 2021 г.)

Fig. 6. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in September (a – 2020, b – 2021)

Кроме того, в пелагической зоне в 2020 и 2021 гг. идентифицировано большее количество видов – 19, чем в эти же годы в литоральной части (в 2020 г. – 15 видов, в 2021 г. – 14 видов). При этом коэффициент Сёренсена имел практически одинаковые значения – 0,47 и 0,48 в 2020 и 2021 гг. соответственно.

Ноябрь. Наблюдения за численностью фитопланктона в ноябре 2020 г. показали резкое снижение численности как в литорали, так и в пелагиали. Максимальная численность в этот период была зафиксирована в пелагической части озера – 0,54 млн кл/л. Температура воды на двух станциях составляла 7,9 °С. Данные температурные показатели объясняют низкие значения общей численности (рис. 7). Доминирующим как по численности, так и по количеству видов являлся отдел Bacillariophyta. В пелагиали численность диатомовых составила 0,37 млн кл/л (69 % от общей численности), в литорали – 0,26 млн кл/л (72 % от общей численности). Такое преобладание

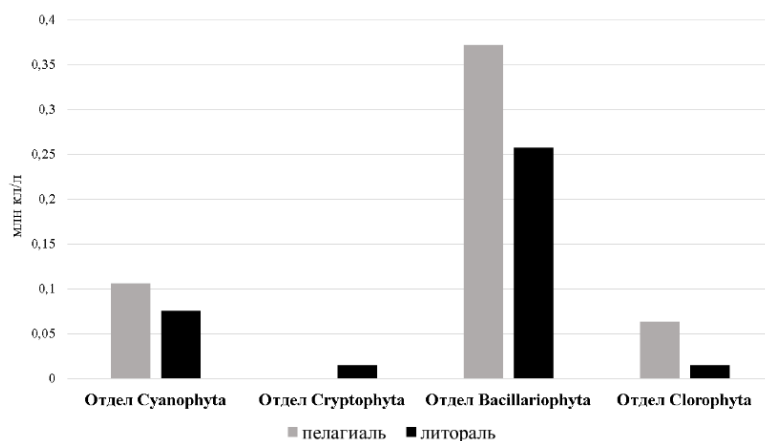


Рис. 7. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в ноябре 2020 г.

Fig. 7. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in November 2020

диатомовых объясняется их экологическими особенностями, поскольку большинство видов являются холодолюбивыми.

В ноябре идентифицировано 13 видов водорослей (9 – в пелагиали, 6 – в литорали). Коэффициент Сёренсена составил 0,27.

Декабрь. В декабре значительное увеличение численности отмечалось в основном за счет отдела диатомовых водорослей. В этом месяце качественные и количественные показатели представленных видов водорослей преобладали в литоральной зоне. Уровень количественного развития на этой станции достигал 3,35 млн кл/л, при этом доля видов отдела Bacillariophyta составила 35 % (1,15 млн кл/л). Далее по численному преобладанию следовали отделы Cyanophyta (1,1 млн кл/л) и Chlorophyta (1,03 млн кл/л). Температура в литорали не превышала 2 °С. Низкие температуры объясняют численное преобладание диатомовых.

В пелагиали численность фитопланктона значительно ниже (1,83 млн кл/л), в основном за счет представителей отделов Chlorophyta и Bacillariophyta. Количество синезеленых водорослей не отличалось от количества представителей этого отдела в литоральной части озера и составляло 1,1 млн кл/л (рис. 8). Температура в пелагической зоне также составила 2 °С. Соответственно, температурный фактор в данном случае не является ключевым при объяснении количественных различий.

По количеству обнаруженных видов в декабре выделялась литораль (21 вид), значительно меньше зафиксировано в пелагиале (14 видов). Различия касались в основном представителей от-

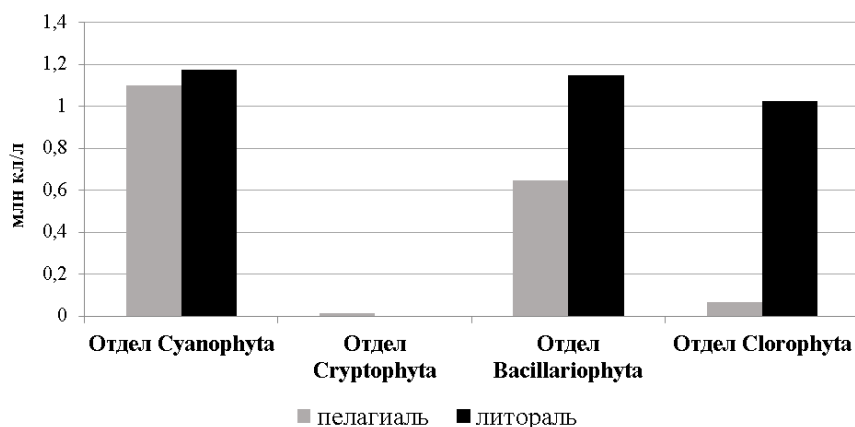


Рис. 8. Соотношение численности фитопланктона разных отделов в пелагиали и литорали в декабре 2021 г.

Fig. 8. Abundance ratio of phytoplankton divisions in the pelagial and littoral zones in December 2021

делов зеленых и диатомовых водорослей. При этом коэффициент Сёренсена был достаточно высоким – 0,46.

Заклучение. Таким образом, сезонная динамика качественных и количественных показателей фитопланктона для всего озера в целом соответствовала стандартной модели сезонной сукцессии. В апреле доминировал комплекс холодолюбивых диатомовых водорослей, который в мае, в связи со снижением концентраций неорганического фосфора, сменялся видами из отдела Chrysophyta. Летом наблюдалось увеличение численности фитопланктона за счет зеленых и синезеленых водорослей. Однако ярко выраженного пика их цветения за два года не наблюдалось. Осень (вплоть до декабря) характеризовалась закономерным снижением численности.

В результате сравнительного анализа сезонных изменений таксономического состава и численности фитопланктона в пелагиали и литорали оз. Обстерно отмечен ряд характерных различий между данными экологическими зонами. Численность фитопланктона в литоральной зоне была выше в апреле, августе и декабре. В остальные месяцы исследований она была выше в пелагической зоне. В эти же месяцы (апрель, август, декабрь) было выше и видовое богатство в литоральной зоне. Различия между пелагической и литоральной частями озера в наибольшей степени связаны с влиянием абиотических факторов, таких как количество минерального азота и фосфора, а также с температурным фактором и напрямую зависят от стратификации. В то же время степень их воздействия варьировалась в зависимости от сезона.

Список использованных источников

1. Лепская, Е. В. Фитопланктон в экосистеме озера Курильское: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Е. В. Лепская ; Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. – Владивосток, 2004. – 23 с.
2. Seasonal changes in the phytoplankton taxonomic structure and photosynthetic pigments in pelagial and littoral of two interconnected lakes in Belarus / Zh. F. Buseva [et al.] // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 310–318.
3. Разнообразие, структура и функционирование морских и прибрежных экосистем [Электронный ресурс] / А. Б. Цетлин [и др.] // ИСТИНА. – Режим доступа: <https://istina.msu.ru/projects/14927586/>. – Дата доступа: 22.10.2022.
4. Семенченко, В. П. Факторы, определяющие суточное распределение и перемещения зоопланктона в литоральной зоне пресноводных озер (обзор) / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий // Журн. Сиб. фед. ун-та. Сер. Биология. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 191–225.
5. Стехиометрический состав sestона в литорали и пелагиали мелководного озера Обстерно (Беларусь) / Ж. Ф. Бусева [и др.] // Докл. Нац. акад. навук Беларусі. – 2018. – Т. 62, № 3. – С. 304–310. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2018-62-3-304-310>
6. Оношко, И. И. Оценка состояния среды и рыбохозяйственное значение озера Обстерно / И. И. Оношко, Т. И. Попиначенко // Вопр. рыб. х-ва Беларусі. – 2011. – № 27. – С. 168–177.
7. Михеева, Т. М. Методы количественного учета нанопланктона (обзор) / Т. М. Михеева // Гідробіол. журн. – 1989. – Т. 25, № 4. – С. 3–21.
8. Sommer, U. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters / U. Sommer, Z. M. Gliwicz // Arch. für Hydrobiol. – 1986. – Vol. 106, N 4. – P. 433–471. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/106/1986/433>
9. Armstrong, G. D. Colonies as defence in the freshwater phytoplankton genus *Dinobryon* (Chrysophyceae) / G. D. Armstrong. – Vancouver : Univ. of Brit. Columbia, 1985. – 178 p.
10. On the abundance of epiphytic green algae in relation to the nitrogen concentrations of biomonitors and nitrogen deposition in Finland / J. Poikolainen [et al.] // Nitrogen, the Confer-N-s : proc. of the first Int. nitrogen conf., March 23–27, 1998, Noordwijkerhout, The Netherlands / eds. : K. W. Van der Hoek [et al.]. – The Netherlands, 1998. – P. 85–92.
11. Irfanullah, H. M. Ecology of *Dictyosphaerium pulchellum* Wood (Chlorophyta, Chlorococcales) in a shallow, acid, forest lake / H. M. Irfanullah, B. Moss // Aquat. Ecol. – 2006. – Vol. 40, N 1. – P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10452-005-9011-5>
12. Колмаков, В. И. Роль прижизненного прохождения *Microcystis aeruginosa* через пищеварительные тракты животных-фильтраторов в эвтрофных водоемах (обзор) / В. И. Колмаков // Сиб. экол. журн. – 2014. – № 4. – С. 601–613.

References

1. Lepskaya E. V. *Phytoplankton in the ecosystem of Lake Kurilskoye*. Abstract of Ph. D. diss. Vladivostok, 2004. 23 p. (in Russian).
2. Buseva Zh. F., Farahani S. G., Sysova E. A., Ozolins D., Sushchik N. N., Kolmakova A. A., Veras Y. K. Seasonal changes in the phytoplankton taxonomic structure and photosynthetic pigments in pelagial and littoral of two interconnected lakes in Belarus. *Vesti Natsyynal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, no. 3, pp. 310–318.

3. Bol'shakov F. V., Bubnova E. N., Grum-Grzhimailo O. A., Zhadan A. E., Kolbasov G. A., Kolbasova G. D. [et al.]. Diversity, structure and functioning of marine and coastal ecosystems. *ISTINA*. Available at: <https://istina.msu.ru/projects/14927586/> (accessed 22.10.2022) (in Russian).
4. Semenchenko V. P., Razlutskiy V. I. Factors that determine the daily distribution and movement of zooplankton in the littoral zone of freshwater lakes (review). *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya* [Journal of the Siberian Federal University. Series Biology], 2009, no. 2, pp. 191–225 (in Russian).
5. Buseva Zh. V., Gazerani Farahani Sh. B., Veres Yu. K., Kolmakova A. A., Sushchik N. N. Stoichiometric composition of seston in littoral and pelagial zones of shallow lake Obsterno (Belarus). *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2018, no. 3, pp. 304–310 (in Russian).
6. Onoshko I. I., Popinachenko T. I. State assessment of the environment and the fishery importance of Obsterno Lake *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi* [Issues of fisheries in Belarus], 2011, no. 27, pp. 168–177 (in Russian).
7. Mikheeva T. M. Methods of quantitative enumeration of nanophytoplankton (review). *Gidrobiologichnii zhurnal = Hydrobiological Journal*, 1989, vol. 25, no. 4, pp. 3–21 (in Russian).
8. Sommer U. Z. M. Gliwicz. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Archiv für Hydrobiologie*, 1986, vol. 106, no. 4, pp. 433–471. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/106/1986/433>
9. Armstrong G. D. Colonies as defence in the freshwater phytoplankton genus *Dinobryon* (Chrysophyceae). Vancouver, University of British Columbia, 1985. 178 p.
10. Poikolainen J., Lippo H., Hongisto M., Kubin E., Mikkola K., Lindgren M. On the abundance of epiphytic green algae in relation to the nitrogen concentrations of biomonitors and nitrogen deposition in Finland. *Nitrogen, the Confer-N-s: Proceedings of the First International Nitrogen Conference, March 23–27, 1998*. Noordwijkerhout, The Netherlands, 1998, pp. 85–92.
11. Irfanullah H. M., Moss B. Ecology of *Dictyosphaerium pulchellum* Wood (Chlorophyta, Chlorococcales) in a shallow, acid, forest lake. *Aquatic Ecology*, 2006, vol. 40, no. 1, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10452-005-9011-5>
12. Kolmakov V. I. The role of intravital passage of *Microcystis aeruginosa* through the digestive tracts of filter-feeding animals in eutrophic water bodies (review). *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian ecological journal], 2014, no. 4, pp. 601–613 (in Russian).

Информация об авторе

Карпаева Анастасия Юрьевна – бакалавр, магистрант, мл. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: karpaevanastyal@gmail.com

Information about the author

Anastasiya Yu. Karpaeva – Bachelor, Undergraduate student, Junior Researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Biore-sources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: karpaevanastyal@gmail.com