



DOI 10.23859/estr-230226

EDN NQSLIU

УДК 574.583:591.5

Научная статья

Зоопланктон озер Бородаевского и Ферапонтовского (Национальный парк «Русский Север»)

Е.В. Лобуничева*^{ORCID}, А.И. Литвин, Н.В. Думнич^{ORCID}

Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ВологодНИРО»), 160012, Россия, г. Вологда,
ул. Левичева, д. 5

*lobunicheva_ekat@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовского (Национальный парк «Русский Север», Вологодская область) в 1975, 2008 и 2021 гг. Зоопланктон водоемов сходен по составу. Всего в озерах зарегистрировано 70 видов зоопланктона (Rotifera – 21, Cladocera – 32, Copepoda – 17). Ранее в озерах был отмечен реликтовый *Limnocalanus macrurus*. Обилие зоопланктона выше в более мелководном оз. Бородаевском. Соотношение групп зоопланктона в водоемах в отдельные периоды исследований сходно. Наибольшая численность характерна для ракообразных. Комплекс доминантов насчитывал 5–7 видов (*Kellicottia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, *Bosmina coregoni*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*). Обилие зоопланктеров в озерах зависело от температуры воды. При ее увеличении на 5 °С летом 2021 г. наблюдался рост численности и биомассы зоопланктона глубоководных участков озер.

Ключевые слова: таксономический состав, доминанты, подледный и летний зоопланктон, макрофиты, малые озера, особо охраняемые природные территории, Вологодская область

Благодарности. Авторы благодарят всех сотрудников Вологодского филиала ФГБНУ «ВНИРО», принимавших участие в отборе гидробиологических проб на озерах Ферапонтовском и Бородаевском, а также г.н.с. ИБВВ РАН В.И. Лазареву за помощь в определении таксономической принадлежности отдельных копепод.

ORCID:

Е.В. Лобуничева, <https://orcid.org/0000-0002-4158-1804>

Н.В. Думнич, <https://orcid.org/0000-0001-9599-0358>

Для цитирования: Лобуничева, Е.В. и др., 2024. Зоопланктон озер Бородаевского и Ферапонтовского (Национальный парк «Русский Север»). *Трансформация экосистем* 7 (3), 186–204. <https://doi.org/10.23859/estr-230226>

Поступила в редакцию: 26.02.2023

Принята к печати: 06.04.2023

Опубликована онлайн: 09.08.2024

DOI 10.23859/estr-230226

EDN NQSLIU

UDC 574.583:591.5

Article

Zooplankton of lakes Borodaevskoe and Ferapontovskoe (Russky Sever (Russian North) National Park)

E.V. Lobunicheva , A.I. Litvin, N.V. Dumnich *Vologda Branch of FSBSI "VNIRO" ("VologodNIRO"), ul. Levicheva 5, Vologda, 160012 Russia***lobunicheva_ekat@mail.ru*

Abstract. The zooplankton of the lakes Borodaevskoe and Ferapontovskoe (Russky Sever (Russian North) National Park) has been studied in 1975, 2008, and 2021. The zooplankton composition is similar in the lakes. In total, 70 zooplankton species are registered (21 species of Rotifera, Cladocera, 32, Copepoda, 17). The relict species *Limnocalanus macrurus* has been found earlier in the lakes. The zooplankton abundance is higher in the shallower Lake Borodaevskoye. The ratio of zooplankton groups in the water bodies was similar throughout the study period, with crustaceans as dominating group. The core of dominants includes 5 to 7 species (*Kellicottia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, *Bosmina coregoni*, *Mesocyclops leuckarti*, and *Thermocyclops oithonoides*). The zooplankton abundance depends on the water temperature. As the latter has increased by 5 °C in summer 2021, there was an increase in the abundance and biomass of zooplankton in deep water areas of the studied lakes.

Keywords: taxonomic composition, dominants, winter and summer zooplankton, macrophytes, small lakes, protected areas, Vologda Oblast

Acknowledgements. The authors are grateful to the employees of the Vologda Branch of the "VNIRO" (VologdaNIRO) for their invaluable help in hydrobiological sampling at the lakes Ferapontovskoe and Borodaevskoe during field studies. Special thanks go to leading researcher V.I. Lazareva (IBIW RAS), who checked the correctness of the taxonomical identification of some copepods.

ORCID:

E.V. Lobunicheva, <https://orcid.org/0000-0002-4158-1804>N.V. Dumnich, <https://orcid.org/0000-0001-9599-0358>

To cite this article: Lobunicheva, E.V. et al., 2024. Zooplankton of lakes Borodaevskoye and Ferapontovskoye (Russky Sever (Russian North) National Park). *Ecosystem Transformation* 7 (3), 186–204. <https://doi.org/10.23859/estr-230226>

Received: 26.02.2023

Accepted: 06.04.2023

Published online: 09.08.2024

Введение

Территория национального парка «Русский Север» богата водными объектами. Подавляющее большинство малых водоемов имеют ледниковое происхождение. Многие озера соединены между собой естественными протоками или являются частью Северо-Двинского водного пути, представляющего собой систему рек, каналов и озер. Близость местоположения, сходный генезис и разнообразие морфологии водоемов определяют состав и структуру гидробионтов (в том числе зоопланктона) малых водоемов этого национального парка.

К наиболее крупным по площади водоемам на территории национального парка относятся озера Бородаевское и Ферапонтовское. Это водоемы сходные по происхождению, но различные по морфологии, связанные между собой сравнительно широкой протокой. В условиях охраняемой территории антропогенное воздействие на эти водоемы проявляется преимущественно в активном освоении берегов при индивидуальной жилой застройке, которое расширилось в последние десятилетия.

Исследования зоопланктона малых озер НП «Русский Север» начались в 1969 г. в рамках озероведческой экспедиции Вологодского государственного педагогического института (Антипов и др., 1981). Кадастровые исследования охватили 21 озеро. Именно в результате этих исследований была получена первая информация о гидробионтах озер Бородаевского и Ферапонтовского. К сожалению, сохранившиеся результаты этих исследований содержат лишь отрывочные данные об обилии зоопланктона. Биомасса зоопланктона озера Бородаевского в этот период составляла 1.8 г/м³, озера Ферапонтовское – 0.8 г/м³.

В 1975 г. для оценки возможности организации рыбоводного хозяйства Вологодской лабораторией «ГосНИОРХ» (в настоящее время Вологодский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ВологодНИРО»)) было проведено комплексное изучение 12 крупнейших озер парка, в том числе Бородаевского и Ферапонтовского¹. Исследования включали в себя 4 комплексные съемки (в марте, мае–июне, июле–августе и сентябре–октябре). В 2004–2021 гг. сотрудниками «ВологодНИРО» выполнялись исследования зоопланктона 12 малых озер НП «Русский Север», из них 9 были изучены впервые.

Исследования некоторых озер национального парка (Сиверского, Зауломского) также неоднократно выполнялись сотрудниками Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (ИБВВ РАН). В 1983, 1993, 2005–2009, 2013 гг. был изучен зоопланктон оз. Ферапонтовского, в том числе в подледный период (Вербицкий и др., 2016; Лазарева и Жданова, 2020; Ривьер, 2012).

Цель настоящей работы – изучение состава, структуры и обилия зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовское в разные периоды наблюдений².

Материал и методы

Исследования зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовского проводили в июне 2008 г., в марте и июле 2021 г. В работе также проанализированы фондовые материалы «ВологодНИРО», отражающие результаты исследований зоопланктона этих озер в 1975 г.¹ и опубликованные материалы (Вербицкий и др., 2016; Лазарева и Жданова, 2020; Ривьер, 2012).

Анализируемые водоемы расположены в центральной части Национального парка «Русский Север», имеют ледниковое происхождение и связаны между собой широким проливом, который был расширен для сплава леса (Максутова и др., 2007). Озера существенно различаются по площади, глубине и форме котловины (Табл. 1). Оз. Бородаевское с наибольшей глубиной 10.5 м имеет изрезанную береговую линию, множество островов в акватории, выраженную литораль, заросшую макрофитами (Озерные ресурсы..., 1981). Котловина оз. Ферапонтовского характеризуется быстрым нарастанием глубин (до 30 м) и небольшим развитием зарослей. По величинам показателя относительной глубины этот водоем классифицируется как «глубокий», тогда как оз. Бородаевское относится к группе «мелкие озера» (Иванов, 1948). При этом для анализиру-

¹ Разработка рекомендаций по рациональному ведению рыбного хозяйства на озерах Лозско-Азатского рыбноводного хозяйства (заключительный отчет по 1 этапу – Кирилловская группа озер), 1976. Отчет о НИР. Вологодская лаборатория «ГосНИОРХ», Вологда, СССР, 89 с.

² Материалы статьи были представлены на XV региональной научно-практической конференции «Краеведческие (природоведческие) исследования на Европейском Севере», посвященной 30-летию создания Национального парка «Русский Север».

емых озер характерна сходная степень вертикального расчленения озерной котловины, о чем свидетельствуют равные величины коэффициента емкости (Табл. 1).

В летний период вода озер характеризуется сходной температурой поверхностного слоя, прозрачностью и активной реакцией среды. В марте 2021 г. температура поверхностного слоя воды в оз. Бородаевском составляла 1.0 °С, тогда как в оз. Ферапонтовском – 0.5 °С. В июле 2021 г. в озерах наблюдалась температурная стратификация, металимнион располагался на глубине 4–6 м. Температура поверхностного слоя воды в озерах в этот период была на 5 °С выше, чем июне 2008 г. (Табл. 1).

В 1975 г. отбор проб выполнялся сетью Джели (размер ячеи 110 мкм) тотально на трех станциях в каждом водоеме (Рис. 1). Отбор проб в 2008 и 2021 гг. осуществлялся малой сетью Джели (размер ячеи 75 мкм) с последующей фиксацией 40% раствором формалина до конечной концентрации 4%. В марте 2021 г. на трех станциях в каждом водоеме проводили отбор тотальных проб с глубин 7–8.5 м в оз. Бородаевском и 18–25 м в оз. Ферапонтовском. Станции отбора проб в этот период располагались в самых глубоких участках озер. Летом 2008 и 2021 гг. станции отбора проб размещались в типичных растительных сообществах макрофитов и на глубоководных участках озер (Рис. 1). Пробы отбирали тотально в литорали от дна до поверхности воды (глубина 1–1.5 м), в пелагиали с глубин 3–9 м в оз. Бородаевском, 3–29 м в оз. Ферапонтовском. Всего в 2008 и 2021 гг. собрано и обработано 52 пробы зоопланктона.

Камеральная обработка гидробиологических проб проводилась в соответствии с общепринятыми методиками (Методика изучения..., 1975). Определение таксономической принадлежности организмов осуществлялось с помощью соответствующих определителей и работ (Коровчинский и др., 2021; Кутикова, 1970; Лазарева и Жданова, 2020; Определитель зоопланктона..., 2010). Номенклатура коловраток и ракообразных приведена в соответствии с пособием Н.М. Коровчинско-

Табл. 1. Характеристики изученных озер.

Характеристика	Озеро							
	Бородаевское				Ферапонтовское			
Координаты	N 59.961665E 38.477368				N 59.956696 E 38.547311			
Площадь, км ²	5.5				1.5			
Периметр, км	22.3				7.1			
Максимальная глубина, м	10.5				30.0			
Средняя глубина, м	3.1				8.2			
Коэффициент изрезанности береговой линии	2.7				1.6			
Коэффициент емкости	0.3				0.3			
Коэффициент открытости	1.8				0.2			
Показатель относительной глубины	1.8				7.2			
Период (месяц, год)	VII.1975	VI.2008	2021		VII.1975	VI.2008	2021	
			III	VII			III	VII
Прозрачность, м	2.2	2.0	–	2.2	2.0	2.5	–	3.0
Концентрация кислорода, мг/л	7.5	9.7	11.4	9.2	8.1	9.8	12.8	8.7
Активная реакция среды	8.2	8.8	8.0	7.8	8.2	8.8	8.0	7.8
Температура воды в поверхностном горизонте, °С	23.2	20.0	1.0	25.9	24.0	20.7	0.5	25.7



Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб зоопланктона на озерах Бородаевское и Ферапонтовское в разные периоды исследований.

го и др. (2021) и «Определителем зоопланктона...» (2010). Биомассу организмов рассчитывали по формулам связи массы с длиной тела (Балушкина и Винберг, 1979; Ruttner-Kolisko, 1977). В рамках анализа оценивали численность (тыс. экз./м³) и биомассу (г/м³) зоопланктона, выделяли доминирующий комплекс видов с относительной численностью более 5%. Встречаемость видов оценивали как отношение числа проб, где вид регистрировался, к общему числу проб.

Математическая обработка данных проводилась стандартными методами (Ивантер и Коропов, 2010) с использованием программного обеспечения MS Excel 2016 (встроенных функций, а также макросов, специально созданных для расчета отдельных параметров). Классификацию состава зоопланктона выполняли с использованием иерархического кластерного анализа на основе индекса сходства Брея–Кертиса методом попарного присоединения с помощью Past 4.0.

Результаты

По результатам всех проведенных исследований в составе зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовского обнаружено 70 видов, из них Rotifera – 21, Cladocera – 32, Copepoda – 17 видов (Табл. 2). Индекс сходства Брея–Кертиса для состава зоопланктона озер составлял 0.7. Наибольшим сходством (0.80–0.83) характеризовался зоопланктон озер в сходных биотопах (Рис. 2А). В оз. Ферапонтовском отмечено несколько видов холодолюбивых коловраток (*Conochiloides natans*, *Keratella hiemalis*, *K. irregularis*, *Polyarthra dolichoptera*). Обнаружение этих видов, вероятнее всего, связано с более детальными исследованиями оз. Ферапонтовского в зимний период сотрудниками ИБВВ РАН (Ривьер, 2012).

В 1975 г. в оз. Бородаевском зарегистрирован *Limnocalanus macrurus* – один из видов реликтовых ракообразных, обитающих в водоемах Вологодской области. Согласно опубликованным данным, *L. macrurus* был обнаружен в оз. Ферапонтовском также летом 2005 и 2007 гг. (Ривьер, 2012). Численность вида составляла всего 0.2–0.3 тыс. экз./м³. Это stenotherмный, холодолюбивый рачок, требовательный к концентрации кислорода в воде. В связи с ограниченностью распространения, малой численностью и чувствительностью к ухудшению качества воды *L. macrurus* занесен в Красную Книгу Вологодской области (2010) со статусом 3 (NT) – вид, являющийся редким, находящимся в состоянии, близком к угрожаемому³. В 2021 г. *L. macrurus* в озерах Ферапон-

³ Постановление Правительства Вологодской области от 25.07.2022 г. № 942 «Об утверждении перечней редких и исчезающих видов (внутривидовых таксонов) растений, грибов и животных, занесенных в Красную книгу Вологодской области, перечней видов (внутривидовых таксонов) растений, грибов и животных, нуждающихся в научном мониторинге на территории Вологодской области».

Табл. 2. Таксономический состав зоопланктона озер Ферапонтовского и Бородаевского. «+++» – высокая встречаемость (> 80% проб), «++» – средняя встречаемость (50–80% проб), «+» – низкая встречаемость (< 50% проб); * – вид, обнаруженный лишь сотрудниками ИБВВ РАН (Ривьер, 2012).

Таксон	Оз. Бородаевское				Оз. Ферапонтовское			
	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий
ТИП ROTIFERA								
Сем. Filiniidae Haring and Myers, 1926								
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>F. maior</i> (Colditz, 1914)	–	–	+	+	+	–	+	+
Сем. Conochilidae Haring, 1913								
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Conochilus</i> sp.	+	–	–	+	–	–	–	–
<i>Conochiloides natans</i> (Seligo, 1900)	–	–	–	–	–	–	–	+*
Сем. Euchlanidae Ehrenberg, 1838								
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1838	–	–	+	+	+	–	+	+
Сем. Brachionidae Ehrenberg, 1838								
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+++	+	+	+	+++	++	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+++	+	+	+	+++	–	+
<i>K. hiemalis</i> Carlin, 1943	–	–	–	–	–	–	–	+*
<i>K. irregularis</i> (Lauterborn, 1898)	–	–	–	–	–	–	–	+*
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+++	–	+	+	+++	+	+
Сем. Asplanthidae Eckstein, 1883								
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+++	+	+	+	+++	+	+
Сем. Trichocercidae Haring, 1913								
<i>Trichocerca</i> (s. str.) <i>capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Trichocerca</i> sp.	+	–	+	+	+	+	+	+
Сем. Synchaetidae Hudson and Gosse, 1886								
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1838	–	–	–	–	–	–	–	+*
<i>S. verrucosa</i> Nipkov, 1961	–	–	+	+	–	–	–	+*
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	–	–	–	–	–	–	–	+*
<i>P. euryptera</i> Wierzejski, 1891	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>P. major</i> Burckhardt, 1900	+	–	+	+	–	–	–	+*
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943	–	–	+	+	–	–	–	–
<i>Polyarthra</i> sp.	+	++	–	+	–	+++	+	+
КЛАСС CRUSTACEA Brünnich, 1772								
НАДОТР. CLADOCERA Latreille, 1829								
Сем. Sididae Baird, 1850								
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	+	+	+++	+	+	–	+++	+

Таксон	Оз. Бородаевское				Оз. Ферапонтовское			
	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий
<i>Latona setifera</i> (O.F. Müller, 1776)	–	–	–	–	+	–	–	+
<i>Limnosida frontosa</i> Sars, 1862	+	–	–	+	–	+	–	+
<i>Sida crystallina crystallina</i> (O.F. Müller, 1776)	–	+	+	+	–	+	+	+
Сем. Daphniidae Straus, 1820								
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	+	–	–	+	+	–	–	+
<i>C. quadrangula</i> (O.F. Müller, 1785)	–	+	++	+	–	+++	+	+
<i>C. reticulata</i> (Jurine, 1820)	–	–	+	+	–	–	–	–
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	–	+	++	+	–	–	++	+
<i>Daphnia (Daphnia) cristata</i> Sars, 1862	+	+++	+++	+	+	+++	++	+
<i>D. (D.) cucullata</i> Sars, 1862	+	+++	++	+	+	++	+++	+
<i>D. (D.) galeata</i> Sars, 1864	–	–	+	+	–	–	++	+
<i>D. (D.) longiremis</i> Sars, 1862	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>D. (D.) longispina</i> O.F. Müller, 1785	+	–	+	+	+	+	–	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	–	–	–	–	–	–	+	+
Сем. Bosminidae Sars, 1865								
<i>Bosmina (Eubosmina) cf. coregoni</i> Baird, 1857	+	+++	++	+	+	+++	+++	+
<i>B. (E.) cf. gibbera</i> Schoedler, 1863	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>B. (E.) cf. longispina</i> Leydig, 1860	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>B. (E.) cf. reflexa</i> Seligo, 1900	–	–	+	+	–	–	–	–
<i>B. (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+++	+	+	+	+++	++	+
Сем. Chydoridae								
Dybowski et Grochowski, 1894								
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>A. quadranqularis</i> (O.F. Müller, 1776)	+	–	–	+	+	–	–	+
<i>Alona</i> sp.	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Alonopsis elongatus</i> (Sars, 1862)	–	–	+	+	–	–	–	–
<i>Coronatella (Coronatella) rectangula</i> (Sars, 1862)	+	–	–	+	–	–	–	–
<i>Chydorus ovalis</i> Kurz, 1875	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>C. sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+++	+++	+	+	++	++	+
<i>Flavalona costata</i> (Sars, 1862)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Leydigia (Leydigia) leydigi</i> (Schödler, 1863)	+	–	–	+	–	–	–	–
<i>Pleuroxus truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	–	+	–	+	–	–	–	–
<i>P. uncinatus</i> Baird, 1850	–	–	–	–	+	–	–	+
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	–	–	+	+	–	–	–	–

Таксон	Оз. Бородаевское				Оз. Ферапонтовское			
	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий	1975 г.	2008 г.	2021 г.	общий
Сем. Leptodoridae Lilljeborg, 1861								
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+	++	++	+	+	++	+++	+
Сем. Polyphemidae Baird, 1845								
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	+	+	+	–	+	+
Сем. Macrothricidae Norman et Brady, 1867								
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	+	–	–	+	–	–	–	–
НАДОТР. СОРЕПОДА Milne-Edwards, 1840								
Сем. Diaptomidae G.O. Sars, 1903								
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	+	+++	–	+	+	++	+	+
<i>E. graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+	–	++	+	+	++	+++	+
Сем. Temoridae Sars, 1902								
<i>Heterocope appendiculata</i> (Sars, 1863)	–	+	–	+	–	++	+	+
Сем. Centropagidae Giesbrecht, 1892								
<i>Limnocalanus macrurus</i> Sars, 1863	+	–	–	+	–	–	–	+*
Сем. Cyclopidae Dana, 1846								
<i>Cyclops bohater</i> Koźmiński, 1933	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>C. kolensis</i> Lilljeborg, 1901	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>C. scutifer</i> Sars, 1863	–	++	–	+	–	++	–	+
<i>C. strenuus</i> Fischer, 1851	–	+++	–	+	–	+++	–	+
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg, 1901)	–	–	+	+	–	–	–	–
<i>E. macrurus</i> (Sars, 1863)	–	–	++	+	–	–	+	+
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851)	–	–	+	+	+	–	–	+
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	–	–	–	–	–	–	+	+
<i>Megacyclus viridis</i> (Jurine, 1820)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+++	+++	+	+	+++	+++	+
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	–	+++	+	+	–	+++	+
<i>T. crassus</i> (Fischer, 1853)	–	–	+	+	–	–	+	+
<i>Paracyclops affinis</i> (Sars, 1863)	–	++	–	+	–	+	–	+
Cyclopoida gen. sp.	–	+++	+	+	–	+++	++	+
Rotifera		14				19		
Cladocera		27				25		
Сорепода		17				17		
Всего видов		58				61		

товском и Бородаевском не зарегистрирован, что свидетельствует о низкой численности вида в водоемах, а, возможно, и о его исчезновении.

В 2021 г. в озерах были обнаружены копеподиты и взрослые особи *Cyclops bohater*. Этот вид был идентифицирован в водоемах севера и центра Европейской России сравнительно недавно (Жданова и Лазарева, 2009; Лазарева и Жданова, 2020). В оз. Ферапонтовском его впервые обнаружили в 2013 г. (Лазарева и Жданова, 2020). Вероятно, ранее его регистрировали как *Cyclops abyssorum* (см. Ривьер, 2012).

В оз. Ферапонтовском обилие рачка было значительно выше, чем в оз. Бородаевском. В марте средняя численность циклопа в этом водоеме была равна 170 экз./м³, что составляло 8% от общей численности зоопланктона и от численности копепод. В оз. Бородаевском были обнаружены единичные экземпляры копеподитов IV–V стадий *C. bohater*. В июле 2021 г. средняя численность *C. bohater* в оз. Бородаевском составила всего 5 экз./м³ (0.2% численности зоопланктона и 0.7% численности копепод), а в оз. Ферапонтовском – 443 экз./м³ (0.3% и 0.5% соответственно).

Зоопланктон водоемов в подледный период был представлен 11 видами в оз. Бородаевском (Rotifera – 6, Cladocera – 2, Сорепода – 3), 14 видами в оз. Ферапонтовском (Rotifera – 5, Cladocera – 4, Сорепода – 5). Средняя численность зоопланктона в оз. Бородаевском составляла 6.3 тыс. экз./м³ при биомассе 0.2 г/м³. Доминирующей группой в сообществе являлись веслоногие ракообразные (88% и 95% от общей численности и биомассы соответственно). В оз. Ферапонтовском обилие зоопланктона в марте 2021 г. было немного ниже. Средняя численность была равна 4.6 тыс. экз./м³, биомасса – 0.15 г/м³. При этом 93% от общей численности и 97% от общей биомассы составляли копеподы.

В подледный период в озерах Бородаевском и Ферапонтовском доминантом являлся *Cyclops kolensis* – типичный представитель холодолюбивых видов. Летом этот циклоп находился в состоянии диапаузы и в планктоне не встречался. В марте 2021 г. средняя численность *C. kolensis* в изученных озерах была сопоставима; в оз. Бородаевском она составляла 2.3 тыс. экз./м³ (37% от общей), а в оз. Ферапонтовском – 2.5 тыс. экз./м³ (55% от общей). В обоих водоемах регистрировались копеподиты IV–V стадий и взрослые самцы.

Другим структурообразующим видом в зимний период в исследованных озерах являлся *Eudiaptomus graciloides*. Плотность этого вида в оз. Ферапонтовском в марте 2021 г. составляла 2.4 тыс. экз./м³ (21% общей численности зоопланктона). В оз. Бородаевском средняя численность *E. graciloides* была равна 1.0 тыс. экз./м³ (39% общей численности зоопланктона). Летом обилие

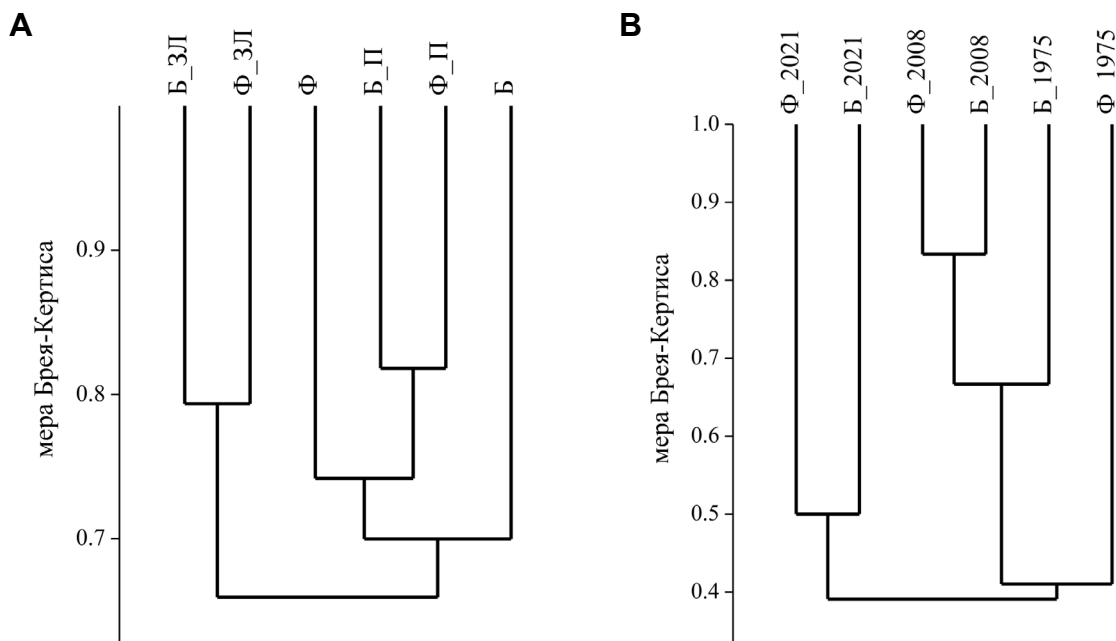


Рис. 2. Дендрограмма сходства состава зоопланктона (А) и состава комплекса доминантов (В) озер Ферапонтовского и Бородаевского. Ф – оз. Ферапонтовское, Б – оз. Бородаевское, ЗЛ – литораль с зарослями макрофитов, П – пелагиаль; 1975, 2008, 2021 – годы исследований).

этого вида в водоемах увеличивалось в среднем до 5.0 тыс. экз./м³, но доля в общей численности зоопланктона составляла всего 3%.

Относительная численность коловраток в водоемах в марте 2021 г. была сходной (5–6%). Наибольшая численность была характерна для *Filinia major*, *Kellicottia longispina*, видов рода *Synchaeta*. Доля ветвистоусых ракообразных в общей численности зоопланктона в оз. Бородаевском составляла всего 2%, в оз. Ферапонтовском – 5%. Наибольшей плотностью среди кладоцер характеризовались *Daphnia cristata* и *Bosmina longirostris*.

Обилие летнего зоопланктона анализируемых озер в разные годы варьировало (Рис. 3А, В). В оз. Бородаевском численность и биомасса зоопланктона во все периоды наблюдений были выше. Соотношение основных групп организмов в водоемах в разные периоды исследований было сходно.

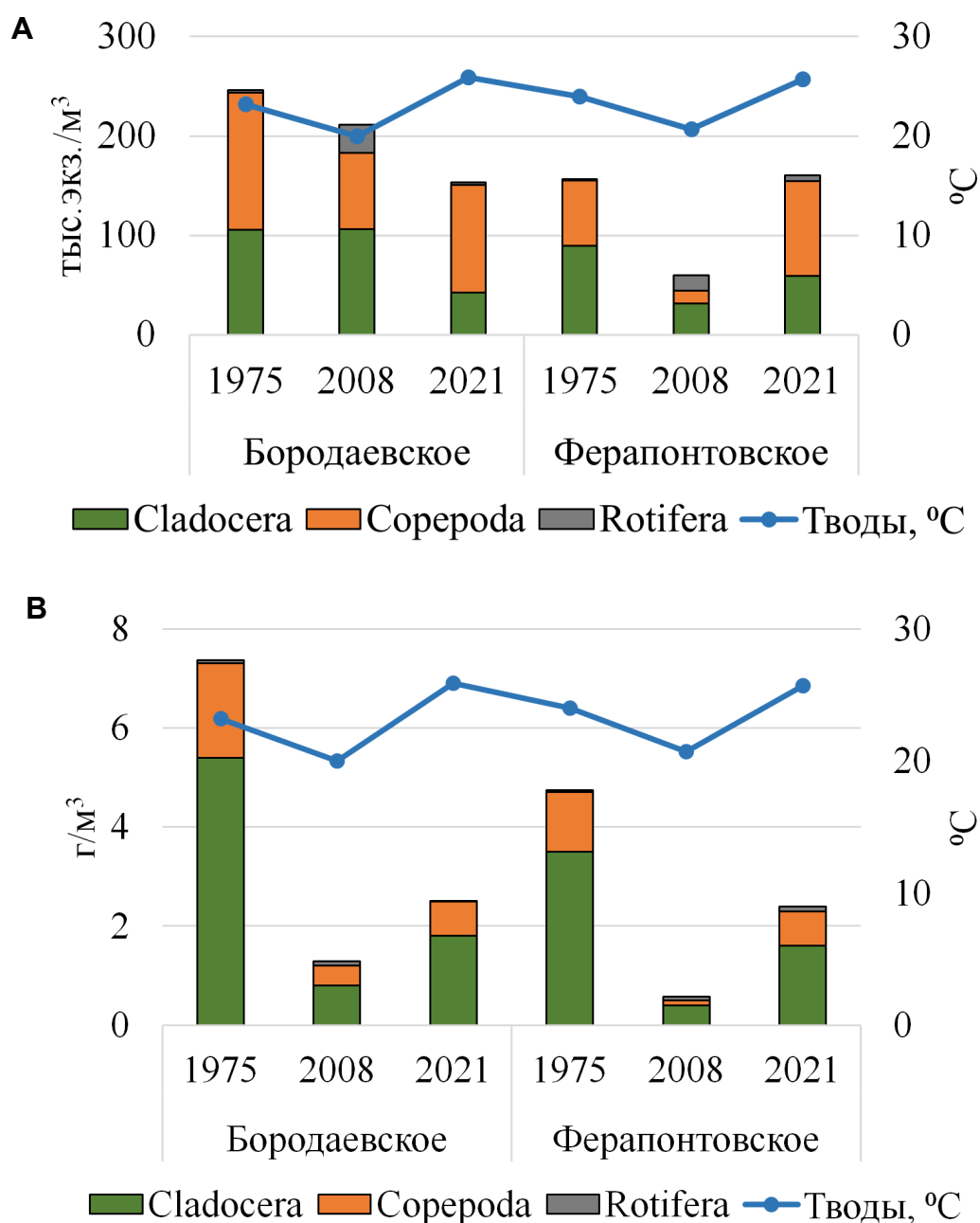


Рис. 3. Средние численность (А), биомасса (Б) и температура поверхностного слоя воды озер Бородаевского и Ферапонтовского в разные периоды исследований.

Табл. 3. Доминантные виды летнего зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовского в разные периоды исследований. %N – доля (в %) в общей численности зоопланктона, %B – доля (в %) в общей биомассе зоопланктона; «+» – вид являлся доминантом, «-» – вид не регистрировался в данный период.

Таксон	Оз. Бородаевское				Оз. Ферапонтовское				
	1975 г.	2008 г.	2021 г.	2021 г.	1975 г.	2008 г.	2021 г.	2021 г.	
	%N	%B	%N	%B	%N	%B	%N	%B	
ROTIFERA									
<i>Kellicottia longispina</i>	+	35	3	65	8	64	4	86	<1
<i>Keratella cochlearis</i>	+	21	<1	-	-	19	<1	-	-
<i>K. quadrata</i>		32	17	-	-	7	3	2	<1
<i>Asplanchna priodonta</i>		7	78	-	-	5	90	3	98
CLADOCERA									
<i>Bosmina coregoni</i>	+	17	22	2	2	29	32	3	3
<i>B. longirostris</i>	+	20	11	<1	<1	3	1	<1	<1
<i>Daphnia cristata</i>		10	18	3	6	18	25	7	14
<i>D. cucullata</i>	+	1	6	5	16	<1	2	7	23
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>		<1	<1	5	9	-	-	6	9
<i>Chydorus sphaericus</i>		2	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
COPEPODA									
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	+	5	15	17	9	6	14	10	6
<i>Thermocyclops oithonoides</i>		-	-	18	8	-	-	16	8
<i>Eudiaptomus gracilis</i>		1	5	-	-	1	5	-	-

Летом 60% численности зоопланктона в оз. Ферапонтовском и 70% в оз. Бородаевском формировали веслоногие ракообразные. Доминантами среди них были *Mesocyclops leuckarti* и *Thermocyclops oithonoides* (Табл. 3). В оз. Бородаевском численность этих видов была практически равна (15.0 и 16.0 тыс. экз./м³ соответственно). В оз. Ферапонтовском плотность *Thermocyclops oithonoides* была выше в 3 раза (4.8 и 14.5 тыс. экз./м³ соответственно).

Основу биомассы зоопланктона составляли кладоцеры (*Bosmina coregoni*, *Daphnia cristata*, *D. cucullata*). Биомасса веслоногих ракообразных была ниже, так как среди них преобладали мелкоразмерные науплиусы и копеподиты. Увеличение относительных численности и биомассы коловраток отмечено лишь летом 2008 г. в условиях сравнительно невысокой температуры воды.

Летом в состав доминантов в разные годы исследований в озерах входили 5–7 эврибионтных видов, широко распространенных в регионе (Табл. 3). Помимо *Mesocyclops leuckarti*, практически во все периоды исследований в водоемах доминировали *Kellicottia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia cucullata*, *D. cristata*, *Bosmina coregoni*, *Thermocyclops oithonoides*. Сходство состава и структуры комплекса доминантов в анализируемых водоемах в разные периоды исследований было невысоким (Рис. 2В, Табл. 3).

Уровень развития зоопланктона разных участков озер Бородаевского и Ферапонтовского отличался. В 2008 г. численность и биомасса зоопланктона в зарослях макрофитов были выше, чем в пелагиали водоемов. В 2021 г. при интенсивном прогреве воды в условиях длительного жаркого периода обилие зоопланктона было выше в глубоководной части озер (Рис. 4). Соотношение основных групп зоопланктона в разных биотопах озер было схожим. В 2021 г. зарегистрировано увеличение относительных численности и биомассы веслоногих ракообразных.

В 2021 г. численность и биомасса ракообразных в пелагиали озер были значительно выше, чем в 2008 г. В глубоководной части озер доминантами были *Kellicottia longispina*, *Daphnia cristata*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*. В 2008 г. на этих участках озер в состав доминирующих видов также входили *Bosmina coregoni*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, а в 2021 г. – *Daphnia cucullata*.

Средняя численность ракообразных и коловраток в зарослях макрофитов в оз. Бородаевском в 2008 и 2021 гг. составила 299.5 и 110.2 тыс. экз./м³, в оз. Ферапонтовском – 89.3 и 127.3 тыс. экз./м³, соответственно (Рис. 4А). Различия средней биомассы организмов на данных участках озер в разные годы были ниже. В оз. Бородаевском средняя биомасса зоопланктона прибрежья была равна 1.8 г/м³ в 2008 г. и 1.6 г/м³ в 2021 г., в оз. Ферапонтовском – 0.7 и 1.1 г/м³ соответственно (Рис. 4В). В зарослях макрофитов доминировали *Kellicottia longispina*, *Bosmina coregoni*, *Mesocyclops leuckarti*. В 2008 г. комплекс доминантов расширялся за счет *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* и *Daphnia cristata*, а в 2021 г. – *Euchlanis dilatata* и *Thermocyclops oithonoides* (Рис. 5А).

Доля фитофильных видов ракообразных в общих численности и биомассе зоопланктона зарослей макрофитов в оз. Бородаевском составляла 8 и 88% соответственно. В оз. Ферапонтовском обилие этих рачков было ниже (3 и 20%). Наибольшей численности и биомассы достигали *Sida crystallina*, *Polyphemus pediculus* и *Graptoleberis testudinaria*.

На глубоководных участках озер доля фитофильных видов составляла всего 0.01% общей численности зоопланктона. В зарослях воздушно-водных растений (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla) относительная численность видов-фитофилов не превышала 1%. В зарослях макрофитов с плавающими листьями (*Nymphaea candida* J. Presl et C. Presl, *Nuphar lutea* L. Smith) и особенно среди погруженных растений (*Potamogeton* sp.) в большом количестве развивалась *Sida crystallina*. Численность рачка в этих сообществах в оз. Бородаевском достигала 30%, а в оз. Ферапонтовском – 11% от общей. Высокая доля фитофильных видов в общей биомассе зоопланктона зарослевых биотопов также обусловлена развитием *Sida crystallina*. Благодаря крупным размерам этот вид в зарослях рдестов формировал до 97% биомассы ракообразных.

Структура доминирующего комплекса зоопланктона в пелагиали и зарослях макрофитов озер сходна. Индекс Брея–Кертиса для зоопланктона разных участков озер в 2008 г. составлял 0.85. В 2021 г. высокое сходство структуры комплекса доминантов было характерно лишь для пелагиали озер (Рис. 5В). Зоопланктон зарослей макрофитов был в значительной степени специфичен, особенно в оз. Бородаевском. Основу численности зоопланктона литорали в этом водоеме в июле 2021 г. составляли веслоногие ракообразные, в том числе науплиусы. Коловратки из семейства Brachionidae не являлись доминантами на этих участках озера, хотя доминировали на всей акватории оз. Ферапонтовского. Из кладоцер в зарослях макрофитов оз. Бородаевского лишь *Bosmina coregoni* входила в состав доминантов с относительной численностью 5% (Рис. 5А).

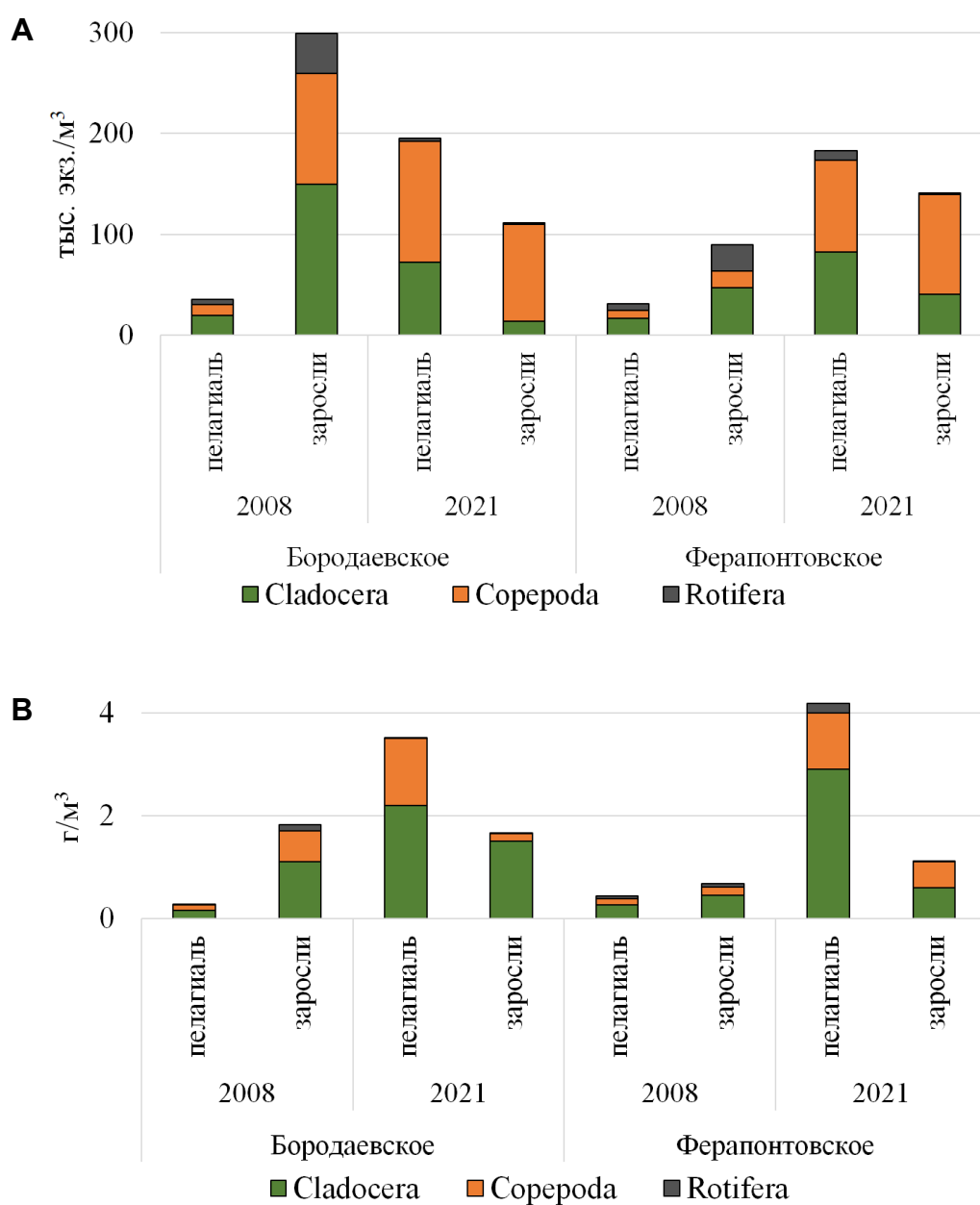


Рис. 4. Средние численность (А) и биомасса (В) летнего зоопланктона в разных биотопах озер Бородаевского и Ферапонтовского в 2008 и 2021 гг.

Обсуждение результатов

В связи с общей историей формирования и наличием протоки между озерами Бородаевским и Ферапонтовским зоопланктон этих водоемов сходен по составу. В оз. Бородаевском отмечено большее число придонных и фитофильных кладоцер из-за наличия в водоеме выраженной литорали с зарослями макрофитов.

Морфология котловины и гидрология оз. Ферапонтовского благоприятны для обитания реликтового ракообразного *Limnocalanus macrurus*, оптимальными условиями для которого являются низкие температуры воды и высокое содержание кислорода. Обнаружение этого рачка в мелководном оз. Бородаевском в 1975 г., возможно, связано с заносом единичных особей из оз. Ферапонтовского. В 2005 и 2007 гг. в оз. Ферапонтовском были обнаружены единичные экземпляры *L. macrurus* (Ривьер, 2012). В 2021 г. этот вид в водоеме зарегистрирован не был. В озере Сита (Беларусь) выявлено катастрофическое снижение численности *L. macrurus* после аномально теплого

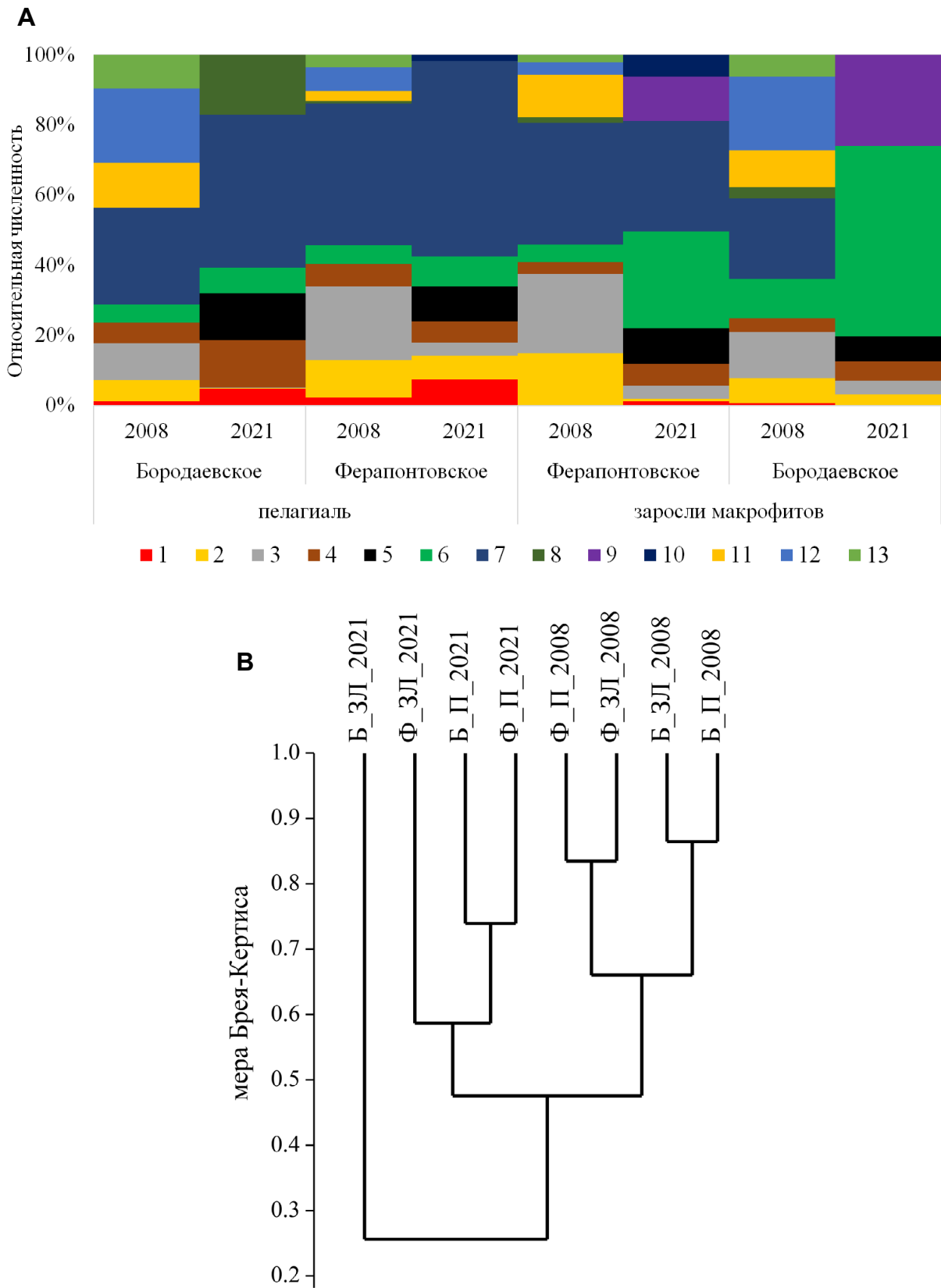


Рис. 5. Относительная численность (А) и сходство доминантов (В) зоопланктона на разных участках озер Бородаевского и Ферапонтовского в 2008 и 2021 гг. Виды-доминанты: 1 – *Daphnia cucullata*, 2 – *D. cristata*, 3 – *Bosmina* cf. *coregoni*, 4 – *B. longirostris*, 5 – *Mesocyclops leuckarti*, 6 – *Thermocyclops oithonoides*, 7 – науплиусы, 8 – *Kellicottia longispina*, 9 – *Polyarthra vulgaris*, 10 – *Euchlanis dilatata*, 11 – *Filinia longiseta*, 12 – *Keratella cochlearis*, 13 – *K. quadrata*.

лета, когда поверхностный слой воды прогревался до 26.2 °С. Восстановление численности популяции произошло лишь через 4 года (Вежновец, 2017). Интенсивный прогрев воды в отдельные годы регистрировался и в водоемах Вологодской области. Вероятнее всего, это также негативно отразилось на изначально низком обилии *L. macrurus* в оз. Ферапонтовском. Установление присутствия этого вида в анализируемых озерах требует дальнейших мониторинговых исследований.

Среди многочисленных изученных малых озер Вологодской области, помимо оз. Ферапонтовского, *L. macrurus* обнаружен пока только в озерах Святозере и Корбозере Вашкинского района Вологодской области (Лобуничева и др., 2022). В оз. Святозере, как и в оз. Ферапонтовском, складываются наиболее благоприятные для реликтовых видов условия обитания. Металимнион расположен сравнительно неглубоко (3–4 м), летом толща воды прогревается незначительно, зона с концентрацией кислорода менее 6 мг/л сравнительно небольшая, на значительной площади дна распространены песчано-каменистые грунты. В сочетании с низкой антропогенной нагрузкой это определяет сравнительно высокое обилие *L. macrurus*. Численность реликтового рачка в оз. Святозере в июле 2021 г. составляла 1.2 тыс. экз./м³ (10% от общей численности зоопланктона). Популяция *L. macrurus* оз. Корбозера ежегодно весной через существующую протоку пополняется особями из оз. Святозера. При этом численность рачка летом в этом водоеме очень низкая – 2.5–5.0 экз./м³ (менее 0.1% общей численности зоопланктона).

Помимо *L. macrurus*, в озерах Бородаевском и Ферапонтовском обитают стенотермные копеподы *Cyclops bohater* и *C. kolensis*. Типичный криофил *C. kolensis* регистрируется лишь в подледный период. *C. bohater* более приспособлен к колебаниям температуры (Lazareva et al., 2022) и встречается в озерах круглогодично. В начале 2000-х гг. отмечено сокращение численности этих копепод по сравнению с 1983 и 1993 гг. (Ривьер, 1986). Обилие обоих видов в марте и июле 2021 г. было сходным с аналогичными показателями в 2008 и 2009 гг. (Ривьер, 2012).

Анализ опубликованных материалов и собственных исследований зоопланктона оз. Ферапонтовского свидетельствует о постоянстве видового состава сообществ как в летний, так и в подледный период. Обилие и структура летнего зоопланктона зависели от температурного режима. В оз. Ферапонтовском при интенсивном прогреве воды отмечалось увеличение численности зоопланктона (коэффициент корреляции 0.9), тогда как в оз. Бородаевском отмечена отрицательная корреляция между температурой воды и численностью зоопланктона (коэффициент корреляции –0.6). В 1975, 2005 и 2021 гг. температура воды в поверхностном слое оз. Ферапонтовского летом превышала 23 °С, а в 2007 и 2008 гг. составляла не более 20 °С (Табл. 1; Ривьер, 2012). Интенсивный прогрев воды способствовал росту обилия зоопланктона в 2005 и 2021 гг. и увеличению численности видов теплолюбивого комплекса. В структуре доминантного комплекса сообщества увеличивалась доля *Daphnia cucullata*, *Mesocyclops leuckarti* и *Thermocyclops oithonoides*. Средняя численность зоопланктона в поверхностном двухметровом слое воды в июле 2005 г. составляла 223 тыс. экз./м³, а в июле 2021 г. при прогреве воды выше 25 °С – 533 тыс. экз./м³. На участках озера с глубиной порядка 14 м средняя численность зоопланктона во всем столбе воды в 2005 и 2021 гг. была равна 98.4 и 84.5 тыс. экз./м³ соответственно.

В аномально жаркие периоды прогрева всей толщи воды на мелководье водоема, как в июле 2021 г., регистрировалось резкое сокращение численности доминирующих кладоцер (*Bosmina coregoni*, *B. longirostris*, *Daphnia cristata*). Подобное исчезновение этих и ряда других видов кладоцер из планктона отмечено также при сбросе в водные объекты подогретых вод электростанций (Елагина, 1975; Ривьер, 1975). Указанные виды кладоцер являются эврибионтами с высокой температурной пластичностью. Так, например, интервал температур для нормальной жизнедеятельности *B. longirostris* составляет 11–23 °С (Вербицкий и Вербицкая, 2002), при увеличении температуры воды до 26 °С наблюдалось резкое уменьшение плотности рачка (Елагина, 1975). И.К. Ривьер связывала высокую смертность ракообразных теплолюбивого комплекса (*Bosmina coregoni*, *Daphnia cucullata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Mesocyclops leuckarti*) в июле 2005 г. с низким содержанием кислорода (менее 3 мг/л) на глубине 8 м и более (Ривьер, 2012).

В результате сокращения плотности доминирующих видов наблюдается упрощение структуры зоопланктона мелководий водоемов, особенно в оз. Бородаевском. Это приводит к общему снижению обилия зоопланктона водоема. Специфика котловины оз. Ферапонтовского (быстрое нарастание глубин и более обширная глубоководная зона) обеспечивает при ветровом перемешивании слоев воды обогащение зоопланктона прибрежья организмами из центральной части водоема.

Заключение

Общность происхождения и наличие связующего пролива обуславливают значительное сходство состава зоопланктона озер Бородаевского и Ферапонтовского. Благодаря значительным глубинам в озерах складываются необходимые условия для обитания холодолюбивых и реликтовых видов (*Limnocalanus macrurus*, *Cyclops bohater*, *C. kolensis*).

Различия морфологии котловин изученных водоемов определяют ряд особенностей структуры зоопланктона в них. В сравнительно мелководном оз. Бородаевском регистрировалось повышенное обилие зоопланктона в прибрежной зоне. Это определяло более высокие средние численность и биомассу зоопланктона в этом водоеме по сравнению с оз. Ферапонтовским. Структура зоопланктона глубоководных участков озер была сходна.

Летом 2021 г. в условиях интенсивного прогрева воды наибольшие численность и биомасса зоопланктона регистрировались в глубоководных участках обоих озер. В оз. Ферапонтовском по сравнению с 2008 г. увеличилось обилие зоопланктона в зарослях макрофитов, а в оз. Бородаевском, наоборот, снизилось из-за сокращения обилия доминирующих видов кладоцер. Это определило сходные величины средних численности и биомассы зоопланктона в озерах в этот период.

Список литературы

- Антипов, Н.П., Жаков, Л.А., Лебедев, В.Г., Шевелев, Н.Н., 1981. Озера ландшафтов холмисто-моренных равнин. В: Ляпкина, А.А., Шевелев, Н.Н. (ред.), *Озерные ресурсы Вологодской области*. ВГПИ, Вологда, СССР, 38–93.
- Балушкина, Е.В., Винберг, Г.Г., 1979. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных. В: Винберг, Г.Г. (ред.), *Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер*. Зоологический институт АН СССР, Ленинград, СССР, 58–72.
- Вежновец, В.В., 2017. Влияние повышения температуры на состояние популяции реликтового рачка *Limnocalanus macrurus* Sars в мезотрофном озере. *Доклады Национальной академии наук Беларуси* **61** (1), 73–77.
- Вербицкий, В.Б., Вербицкая, Т.И., 2002. Теплоустойчивость *Bosmina longirostris* O.F. Muller (Crustacea: Cladocera) и ее зависимость от температуры среды обитания. *Биология внутренних вод* **2**, 55–59.
- Вербицкий, В.Б., Гришанин, А.К., Жданова, С.М., Лазарева, В.И., Малышева, О.А., Медянцева, Е.Н., 2016. Температурные реакции 12 видов пресноводных циклопов. *Зоологический журнал* **95** (7), 815–825. <http://www.doi.org/10.7868/S0044513416070138>
- Елагина, Т.С., 1975. Зоопланктон Горьковского водохранилища в районе Костромской ГРЭС. *Экология организмов водохранилищ-охладителей. Труды ИБВВ АН СССР* **27** (30), 244–257.
- Жданова, С.М., Лазарева, В.И., 2009. Видовой состав и пространственное распределение летнего (июль) зоопланктона озера Глубокого. *Труды Гидробиологической станции на Глубоком озере* **10**, 51–66.
- Иванов, П.В., 1948. Классификация озер мира по величине и их средней глубине. *Научный бюллетень ЛГУ* **20**, 29–36.
- Ивантер, Э.В., Коросов, А.В., 2010. Элементарная биометрия. Учебное пособие. Издательство ПетрГУ, Петрозаводск, Россия, 104 с.
- Коровчинский, Н.М., Котов, А.А., Синев, А.Ю., Неретина, А.Н., Гарибян, П.Г., 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. 2. Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 544 с.

Красная книга Вологодской области Т. 3. Животные, 2010. Болотова, Н.Л. и др. (ред.). Полиграф-книга, Вологда, Россия, 216 с.

Кутикова, Л.А., 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida). Наука, Ленинград, СССР, 744 с.

Лазарева, В.И., Жданова, С.М., 2020. Копепода *Cyclops bohater* (Crustacea, Copepoda) в Европейской России. *Биология внутренних вод* 6, 550–561. <http://www.doi.org/10.31857/S032096522005006X>

Лобуничева, Е.В., Литвин, А.И., Думнич, Н.В., Борисов, М.Я., 2022. Распространение *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 (Centropagidae, Calaniformes) в водных объектах Вологодской области. *Сборник тезисов докладов научно-практической конференции «Актуальные проблемы изучения ракообразных», Борок, 23–25 мая 2022*. Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия, 35.

Максутова, Н.К., Черепанова, Т.П., Болотова, Н.Л., Думнич, Н.В., Борисов, М.Я., Лобуничева, Е.В., 2007. Ландшафтообразующие факторы. Белозерский моренный холмисто-озерный южнотаежный ландшафт. В: Максудова, Н.К. (ред.), *Разнообразие ландшафтов национального парка «Русский Север»*. Вологда, Россия, 22–31.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов, 1975. Мордухай-Болтовской, Ф.М. (ред.). Наука, Москва, СССР, 240 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон, 2010. Алексеев, В.Р., Цалолыхин, С.Я. (ред.). Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 495 с.

Ривьер, И.К., 1975. Зоопланктон Ивановского водохранилища в зоне влияния подогретых вод Конаковской ГРЭС. *Экология организмов водохранилищ-охладителей. Труды ИБВВ АН СССР* 27 (30), 220–243.

Ривьер, И.К., 1986. Состав и экология зимних зоопланктонных сообществ. Наука, Ленинград, СССР, 160 с.

Ривьер, И.К., 2012. Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги. Издательство Пермякова, Ижевск, Россия, 390 с.

Lazareva, V., Mayor, T., Malysheva, O., Medyantseva, E., Zhdanova, S., Grishanin, A., Verbitsky, V., 2022. Thermal tolerance of *Cyclops bohater* (Crustacea:Copepoda): selection of optimal and avoided conditions in experimental conditions. *Diversity* 14, 1106. <https://doi.org/10.3390/d14121106>

Ruttner-Kolisko, A., 1977. Suggestion for biomass calculation of planktonic rotifers. *Archiv für Hydrobiologie. Ergebnisse der Limnologie* 8, 71–78.

References

Antipov, N.P., Zhakov, L.A., Lebedev, V.G., Shevelev, N.N., 1981. Ozera landshaftov kholmisto-morennykh ravnin [Lakes of hilly-moraine plains landscapes]. In: Lyapkina, A.A., Shevelev, N.N. (ed.), *Ozernye resursy Vologodskoi oblasti [Lake Resources of the Vologda Oblast]*. Vologda State Pedagogical University, Vologda, USSR, 38–93. (In Russian).

Balushkina, E.V., Vinberg, G.G., 1979. Zavisimost' mezhdou dlinoi i massoi tela planktonnykh rakoobraznykh [The relationship between the length and the body weight in planktonic crustaceans]. In: Vinberg, G.G. (ed.), *Eksperimental'nye i polevye issledovaniya biologicheskikh osnov produktivnosti*

ozer [Experimental and field studies of the biological foundations of lake productivity]. Leningrad: Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences, Leningrad, USSR, 58–72. (In Russian).

Elagina, T.S., 1975. Zooplankton Gor'kovskogo vodokhranilishcha v raione Kostromskoi GRES [Zooplankton of Gorkovskoe Reservoir in the zone of Kostromskaya power plant]. *Ecology of the organisms of the heated waters in reservoirs. Trudy IBVV SSSR [Transactions of Institute for Biology of Inland Waters, Academy of Sciences of USSR]* **27** (30), 244–257. (In Russian).

Ivanov, P.V., 1948. Klassifikatsiya ozyor mira po velichine i ikh srednei glubine [Classification of the world's lakes by size and their average depth]. *Nauchnyy byulleten' LGU [Scientific Bulletin of Leningrad State University]* **20**, 29–36. (In Russian).

Ivanter, E.V., Korosov, A.V., 2010. Elementarnaya biometriya. Uchebnoe posobie [Elementary Biometrics: Tutorial]. Petrozavodsk State University Publishing House, Petrozavodsk, Russia, 104 p. (In Russian).

Korovchinskii, N.M., Kotov, A.A., Sinev, A.Yu., Neretina, A.N., Garibyan, P.G., 2021. Vetvistousye rakoobraznye (Crustacea: Cladocera) Severnoi Evrazii. T. 2 [Cladocera (Crustacea: Cladocera) of Northern Eurasia. Vol. 2]. KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 544 p. (In Russian).

Krasnaya kniga Vologodskoi oblasti. T. 3. Zhivotnye [Red Book of the Vologda Oblast. Vol. 3. Animals], 2010. Bolotova, N.L. et al. (eds.). Poligraf-kniga, Vologda, Russia, 216 p. (In Russian).

Kutikova, L.A., 1970. Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria). Podklass Eurotatoria (otryady Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) [Rotifera fauna of the USSR (Rotatoria). Subclass Eurotatoria (orders Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)]. Nauka, Leningrad, USSR, 744 p. (In Russian).

Lazareva, V.I., Zhdanova, S.M., 2020. Copepod *Cyclops bohater* (Crustacea, Copepoda) in the European part of Russia. *Inland Water Biology* **13**, 528–538. <https://doi.org/10.1134/S1995082920040069>

Lazareva, V., Mayor, T., Malysheva, O., Medyantseva, E., Zhdanova, S., Grishanin, A., Verbitsky, V., 2022. Thermal tolerance of *Cyclops bohater* (Crustacea:Copepoda): selection of optimal and avoided conditions in experimental conditions. *Diversity* **14**, 1106. <https://doi.org/10.3390/d14121106>

Lobunicheva, E.V., Litvin, A.I., Dumnich, N.V., Borisov, M.Ya., 2022. Rasprostranenie *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 (Centropagidae, Calaniformes) v vodnykh ob'ektakh Vologodskoi oblasti [Dispersion of *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863 (Centropagidae, Calaniformes) in the water bodies of Vologda Oblast]. *Sbornik tezisov dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye problemy izucheniya rakoobraznykh"* [Proceedings of the scientific-practical conference "Current issues of studying crustaceans"], Borok, May 23–25. Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia, 35. (In Russian).

Maksutova, N.K., Cherepanova, T.P., Bolotova, N.L., Dumnich, N.V., Borisov, M.Ya., Lobunicheva, E.V., 2007. Landshaftoobrazuyushchie faktory. Belozerskii morennyi kholmisto-ozornyiy yuzhnootayozhnyi landshaft [Landscape-forming factors. Belozersk morained hilly and lacustrine south taiga landscape]. In: Maksutova, N.K. (ed.), *Raznoobrazie landshaftov natsionalnogo parka "Russkii Sever"* [Diversity of the Rusky Sever (Russian North) National Park]. Vologda, Russia, 22–31. (In Russian).

Metodika izucheniya biogeocенозов vnutrennikh vodoemov [Methodology of studying biogeocenoses of inland reservoirs], 1975. Mordukhai-Boltovskoi, F.M. (ed.). Nauka, Moscow, USSR, 240 p. (In Russian).

Opredelitel zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 1. Zooplankton [Identification Guide to Zooplankton and Zoobenthos of Freshwater Bodies of European Russia. Vol. 1. Zooplankton], 2010. Alekseev, V.R., Tsalolikhin S.Ya. (eds.). KMK Scientific Press Ltd, Moscow, Russia, 495 p. (In Russian).

- Rivier, I.K., 1975. Zooplankton Ivan'kovskogo vodokhranilishcha v zone vliyaniya podogretykh vod Konakovskoi GRES [Zooplankton of Ivankovskoie Reservoir in the zone influenced by heated water from Konakovskaya power plant]. *Ekologiya organizmov vodokhranilishch-okhladitelei. Trudy IBVV SSSR [Ecology of the organisms of the heated waters in reservoirs. Transactions of Institute for Biology of Inland Waters, Academy of Sciences USSR]* **27** (30), 220–243. (In Russian).
- Rivier, I.K., 1986. Sostav i ekologiya zimnikh zooplanktonnykh soobshchestv [Composition and ecology of winter zooplankton communities]. Nauka, Leningrad, USSR, 160 p. (In Russian).
- Rivier, I.K., 2012. Kholodnovodnyi zooplankton ozer basseina Verkhnei Volgi [Cold-water zooplankton of lakes in the Upper Volga basin]. Permyakov Publishing House, Izhevsk, Russia, 390 p. (In Russian).
- Ruttner-Kolisko, A., 1977. Suggestion for biomass calculation of planktonic rotifers. *Archiv für Hydrobiologie. Ergebnisse der Limnologie* **8**, 71–78.
- Verbitsky, V.B., Verbitskaya, T.I., 2002. Teploustoichivost' *Bosmina longirostris* O.F. Muller (Crustacea: Cladocera) i ee zavisimost' ot temperatury sredy obitaniya [The upper thermal tolerances of the *Bosmina longirostris* (O.F. Muller) (Crustacea: Cladocera) and its dependence on environmental temperatures]. *Biologiya vnutrennikh vod [Inland Water Biology]* **2**, 55–59. (In Russian).
- Verbitsky, V.B., Grishanin, A.K., Zhdanova, S.M., Lazareva, V.I., Malysheva, O.A., Medyantseva, E.N., 2016. Temperaturnye reaktsii 12 vidov presnovodnykh tsiklopov [Temperature reactions in twelve species of freshwater Cyclopoida copepods]. *Zoologicheskii zhurnal [Zoological Journal]* **95** (7), 815–825. (In Russian). <https://doi.org/10.7868/S0044513416070138>
- Vezhnovets, V.V., 2017. Vliyanie povysheniya temperatury na sostoyanie populyatsii reliktoivogo rachka *Limnocalanus macrurus* Sars v mezotrofnom ozere [Influence of a temperature increase on the condition of the relic crustacean *Limnocalanus macrurus* Sars population in a mesotrophic lake]. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi [Reports of the National Academy of Sciences of Belarus]* **61** (1), 73–77. (In Russian).
- Zhdanova, S.M., Lazareva, V.I., 2009. Vidovoi sostav i prostranstvennoe raspredelenie letnego (iyul) zooplanktona ozera Glubokogo [Species composition and spatial distribution of summer (July) zooplankton of Lake Glubokoe]. *Trudy gidrobiologicheskoy stantsii na Glubokom ozere [Proceedings of Hydrobiology Station at Lake Glubokoe]* **10**, 51–66. (In Russian).