

УДК 574.583:556.555.5 (470.22)

ВИДОВОЙ СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА ВЕНДЮРСКОГО (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

М. Т. Сярки, Г. Э. Здравеннова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия

Озеро Вендюрское, расположенное в Центральной Карелии, является типичным для Фенноскандии небольшим мезотрофным водоемом. В течение 12 лет здесь функционирует форелевое хозяйство. Кроме того, в последние десятилетия отмечено увеличение изменчивости регионального климата и изменение сроков основных гидрологических явлений. Актуальным является исследование реакции зоопланктона на изменение условий среды. В различные сезоны 2020 и 2021 гг. был изучен видовой состав пелагического зоопланктона и условия его обитания. В ходе этой работы установлено наличие в озере 41 таксона с рангом рода и ниже. Количество видов колебалось по сезонам от 12–13 в конце подледного периода до 29 летом. Влияние форелевого хозяйства на видовой состав зоопланктона озера Вендюрского не выявлено. Осенью 2020 г. здесь впервые отмечен чужеродный вид американской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), который сохранил свое присутствие до весны 2021 г. В подледный период эта коловратка обнаружена в Карелии впервые. Заметное развитие чужеродного вида может свидетельствовать о появлении благоприятных условий для его обитания. В настоящее время общий видовой список зоопланктона озера Вендюрского с учетом результатов предыдущих исследований составляет 92 вида (коловраток – 27, копепод – 24 и кладоцер – 41). Основную его часть (более 80 %) составляют олиготрофные и олиготрофно-β-мезотрофные виды.

Ключевые слова: малое озеро; Фенноскандия; зоопланктон; список видов; период ледостава; форелевое хозяйство.

М. Т. Syarki, G. E. Zdrovennova. ZOOPLANKTON SPECIES COMPOSITION OF LAKE VENDYURSKOE (REPUBLIC OF KARELIA)

Lake Vendyurskoe, located in central Karelia, is a small mesotrophic reservoir typical of Fennoscandia. A trout farm has been operating there for 12 years. In addition, in recent decades, an increase in the variability of the regional climate and a change in the timing of the main hydrological phenomena have been noted. It is important to study the response of zooplankton to changes in environmental conditions. The species composition of pelagic zooplankton and the conditions in its habitats were studied in different seasons of 2020 and 2021. According to our data, 41 taxa with genus rank and lower were found in the lake. The number of species varied among seasons from 12–13 in the end of the ice period to 29 in summer. No effect of the trout farm on the species composition of zooplankton in Lake Vendyurskoe has been revealed. In the fall of 2020, an alien species – American rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), was first discovered in the lake, remaining present until the spring of 2021. This is the first time this rotifer has been discovered in Karelia during the ice-covered period. A noticeable development

of the alien species may indicate the conditions in its habitat have become favorable. At present, the overall species list of zooplankton of Lake Vendyurskoe, taking into account the results of previous studies, comprises 92 species (rotifers – 27, copepods – 24, and cladocerans – 41). Most of it (more than 80 %) is oligotrophic and oligotrophic- β -mesotrophic species.

Key words: small lake; Fennoscandia; zooplankton; species checklist; ice-covered period; trout farm.

Введение

Современные экологические исследования водных объектов базируются на изучении состава их флоры и фауны и оценке их биоразнообразия. Актуальность этих исследований возрастает в условиях колебаний климата [IPCC..., 2019], распространения чужеродных видов [Zhdanova et al., 2016; Лобанова и др., 2017] и усиления антропогенной нагрузки на водные объекты [Кучко и др., 2015; Стерлигова и др., 2018].

Озеро Вендюрское является типичным озером Фенноскандии и может служить модельным объектом для изучения реакции озерной экосистемы на изменения абиотических и биотических факторов. На этом озере в течение 12 лет функционирует форелевое хозяйство – в юго-западной части озера располагаются форелевые садки. Как показано в ряде работ [Стерлигова и др., 2018; Милянчук и др., 2019], регулярное поступление остатков корма и продуктов жизнедеятельности рыб в водоем может увеличить содержание биогенных веществ и способствовать изменениям в составе планктонного и рыбного сообществ.

Зоопланктон Вендюрского озера изучался спорадически, начиная с 60-х годов прошлого века [Соколова и др., 1966; Круглова, Филимонова, 1971]. Основное внимание уделялось его рыбохозяйственному значению (кормовой объект для ряпушки). Гидробиологические работы на озере проводились сотрудниками ИВПС эпизодически в 1983–1996 гг., преимущественно в период открытой воды. Общая сводка видов зоопланктона вышла в 2007 г. [Куликова, 2007], однако список видов зоопланктона озера Вендюрского до сих пор не был опубликован. Видовой состав зоопланктона формируется в течение длительного времени и характеризует многолетнее состояние озера, его географическое положение и трофический статус. По сравнению с вариабельностью количественных и структурных показателей планктона видовой состав является более инертной и стабильной характеристикой.

Систематические гидрологические исследования на озере Вендюрском проводятся

с 1994 г.: в период с 1994 по 2006 гг. изучался температурный и газовый режим озера в холодную половину года (с октября по май) [Тержевик и др., 2010]. Начиная с 2007 г. и до настоящего времени исследования включают измерения температуры воды и содержания растворенного кислорода в годовом цикле [Ефремова и др., 2015; Zdorovenнова et al., 2016], а также сезонные измерения освещенности водного столба, скоростей течений, концентраций хлорофилла *a* [Zdorovennov et al., 2016; Пальшин и др., 2019; Volkov et al., 2019]. К сожалению, использовать имеющиеся результаты многолетних гидрологических исследований для корректного анализа влияния среды на планктон пока не представляется возможным из-за несоответствия рядов данных.

В рамках темы НИР «Роль гидрофизических процессов в экосистемах мелководных озер. Современное состояние и прогноз развития экосистем малых озер Карелии при антропогенном воздействии и климатических изменениях» была поставлена цель: исследовать поведение планктонной системы озера Вендюрского в годовом цикле в условиях выраженной межгодовой и пространственной изменчивости факторов среды по материалам отбора проб как в период открытой воды, так и в крайне слабо изученный период ледостава. В 2020 г. отбор проб проводился в конце периода ледостава (апрель), на этапе раннего лета (июнь) и на этапе осеннего охлаждения (октябрь), в 2021 г. – в конце ледостава (март). Таким образом, на текущий момент пробы получены в разные сезоны года, дважды – в период ледостава. Результаты этих рекогносцировочных работ будут в дальнейшем пополняться и использоваться для определения амплитуды сезонной изменчивости количественных показателей зоопланктона.

В плане систематических исследований поведения планктонной системы оз. Вендюрского в зависимости от факторов среды возникла необходимость опубликовать список видов зоопланктона в его современном состоянии. Исследования видовой составы зоопланктона актуальны в связи с тем, что на фоне потепления

климата наблюдается появление чужеродных видов и продвижение их на север по водным объектам Карелии [Сярки, 2015; Syarki, 2019].

В данной работе представлены результаты исследования видового состава зоопланктона озера в 2020 и 2021 гг. на разных этапах термического цикла – в конце периода ледостава (март, апрель), на этапе раннего лета (июнь) и на этапе осеннего охлаждения (октябрь). Цель данной работы – инвентаризация видового состава зоопланктона оз. Вендюрского в современных условиях по данным сезонных съемок 2020–2021 гг. и по данным предыдущих исследований зоопланктона.

Материалы и методы

Озеро Вендюрское расположено в южной части Карелии (62°10'–62°20'N, 33°10'–33°20'E), принадлежит к бассейну реки Суны, впадающей в Онежское озеро. Оно является типичным представителем класса озер водно-ледникового происхождения, широко распространенных на территории Фенноскандии. Площадь зеркала составляет 10,4 км², средняя глубина – 5,3 м, максимальная – 13,4 м [Озера..., 2013]. Форелевое хозяйство, которое является дополнительным источником биогенных элементов, действует в озере в течение 12 лет.

По гидрохимическим и гидробиологическим показателям экосистема озера Вендюрского характеризуется как олигомезотрофная [Куликова, 2007]. По другим оценкам [Ильмаст и др., 2008], до начала деятельности форелевого хозяйства по совокупности показателей (содержание хлорофилла, биомасса фитопланктона, первичная продукция, биомасса зоопланктона, бентоса и ихтиомасса) трофический статус этого озера был определен как α -мезотрофный.

Погодные условия в 2020–2021 гг. были охарактеризованы по данным метеостанции Петрозаводск, наиболее близко расположенной к району исследований. Значения температуры воздуха для этой станции получены на сайте «Расписание погоды» [Reliable..., 2004]. Для анализа климатической изменчивости температуры воздуха в 2020–2021 гг. проведено сравнение со среднемноголетним значением – климатической нормой за период с 1961 по 1990 гг. Среднемесячные данные по температуре воздуха за этот период получены на сайте ВНИИГМИ – МДЦ [Всероссийский..., 2021]. Температуру воды на станциях отбора проб измеряли зондом CTD-90 m.

Исследования сообщества зоопланктона озера Вендюрского проводились в подледный период (6.04.2020 и 22.03.2021) и в веге-

тационный период летом (26.06.2020) и осенью (23.10.2020). Пробы зоопланктона отбирались на двух станциях – вблизи форелевого хозяйства в юго-западной части акватории в районе с глубиной около 6,0 м и в центральном глубоководном районе озера (глубины 11,1–11,3 м). Столб воды интегрально облавливался сетью Джели (диаметр входного отверстия 18 см и размер пор 100 мкм) от дна до поверхности. Пробы фиксировались 4% формалином. Камеральная обработка осуществлялась общепринятыми методами [Методические..., 1984]. Определение видов производилось по: [Кутикова, 1970; Определитель..., 2010].

Для анализа общего списка видов оз. Вендюрского использована сводка видов зоопланктона водных объектов бассейна Онежского озера [Куликова, 2007]. Информация о видовых синонимах для зоопланктона, а также о происхождении видов, их распространении и свойствах была взята из работ Т. П. Куликовой [2001, 2017].

Результаты и обсуждение

Погодные условия района исследований в 2020 г. характеризовались аномально теплой зимой (с января по март среднемесячная температура воздуха превышала норму на 4,3–9,4 °C), прохладной весной (апрель соответствовал норме, май был холоднее на 1,1 °C), теплым началом лета (июнь был теплее нормы на 2,6 °C) и теплой осенью (в сентябре и октябре среднемесячные превышения нормы составили 2,5 и 2,6 °C). В период с ноября 2020 г. по январь 2021 г. температура воздуха превышала климатическую норму на 2,5–4,0 °C, февраль 2021 г. был холоднее нормы на 4,6 °C, а март – теплее на 0,8 °C. Таким образом, погодные условия 2020 г. и первого квартала 2021 г. отражали современную климатическую изменчивость, характерную для Южной Карелии, – выраженное потепление в холодную половину года [Резников, Исаченко, 2021].

В период отбора проб в апреле 2020 г. в озере Вендюрском был хорошо развит конвективно-перемешанный слой, температура которого составляла 2,1 °C, а нижняя граница располагалась на глубине примерно 5,5–5,7 м. Таким образом, вблизи форелевого хозяйства практически весь столб воды был вовлечен в конвективное перемешивание. В центральной части озера в придонном слое температура воды достигала 4,4 °C. В июне 2020 г. в период измерений водная толща озера была стра-

тифицирована, температура поверхностного перемешанного слоя составляла 20,5 °С, его нижняя граница располагалась на глубинах 4 м в центральной части озера и 5,5 м вблизи форелевого хозяйства. В слое скачка температура резко снижалась и в придонном слое вблизи форелевого хозяйства составляла 16,1 °С, а в центральной части озера – 11,6 °С. В октябре 2020 г. водная толща была хорошо перемешана, температура по вертикали – однородна, а по районам озера изменялась в пределах 6,6–6,9 °С. При проведении измерений в конце марта 2021 г. конвективное перемешивание в озере Вендюрском еще не началось, температурный профиль был обратно стратифицирован и характеризовался плавным увеличением значений от 0,4 °С в поверхностных до 2,5 и 4,0 °С в придонных слоях вблизи форелевого хозяйства и в центральной части озера соответственно.

По результатам наших исследований установлено, что амплитуда колебаний количественных величин зоопланктона оз. Вендюрского в 2020–2021 гг. была обычной для небольших озер Карелии [Озера..., 2013]. Общая численность зоопланктона изменялась от 10–50 тыс. экз./м³ в подледный период до 100–200 тыс. экз./м³ в период открытой воды. Биомасса зоопланктона колебалась в разные сезоны года от 0,2–0,4 до 1,5–4,0 г/м³, что соответствует мезотрофному типу планктонной системы [Китаев, 2007].

В составе зоопланктонного сообщества озера Вендюрского в 2020–2021 гг. отмечено 37 таксонов с рангом рода и ниже (коловраток – 14, копепод – 9, кладоцер – 14) (табл.). По сравнению со сводкой Т. П. Куликовой [2007] в наших исследованиях выявлен еще один вид кладоцер – *Ceriodaphnia pulchella*. Новый для озера Вендюрского холодноводный вид коловратки *Notholca cinetura* обнаружен в апреле 2020 г. в конце подледного периода. В июне 2020 г. в озере отмечены не идентифицированные до рода коловратки Bdelloidea. В октябре 2020 г. впервые обнаружен в озере вид-вселенец американской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), который продолжил свое развитие подо льдом до марта 2021 г.

Количество видов в сообществе зоопланктона озера Вендюрского изменялось по сезонам. Согласно данным 2020–2021 гг., больше всего видов наблюдалось в летний период (29), меньше всего – в марте–апреле в конце подледного периода (12–13), когда состав сообщества зоопланктона традиционно обеднен. В этот период значительная часть летних видов, особенно ветвистоусых рачков, выпадает

из планктона на дно озера в виде покоящихся стадий.

Проведено сравнение состава подледного сообщества зоопланктона озера Вендюрского по данным апреля 2020 г. и конца марта 2021 г. Основа зоопланктона состояла из 9 видов, обычных для этого периода. Различия между годами составляли редкие и малочисленные виды. Наиболее интересным явилось обнаружение в озере в марте 2021 г. чужеродного вида *Kellicottia bostoniensis*, который отсутствовал в пробах апреля 2020 г. Этот вид отмечен в Карелии в подледный период впервые.

Результаты наших исследований 2020–2021 гг. и сводка Т. П. Куликовой легли в основу формирования общего списка видов зоопланктона Вендюрского озера. Т. П. Куликова проделала важную работу по обобщению библиографических данных о зоопланктоне водоемов Карелии за период с 60-х годов прошлого века до 2000-х, в том числе и оз. Вендюрского [Куликова, 2007, 2017]. В сводке «Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера» [Куликова, 2007] в составе зоопланктона оз. Вендюрского упоминалось 93 таксона с рангом рода и ниже. В список вошли результаты специального исследования литорали и прибрежной зоны с водной растительностью, где был обнаружен 41 вид зоопланктона.

В настоящей работе произведена ревизия списка, исключение из него ряда синонимов и включение обнаруженных в 2020 и 2021 гг. видов. В настоящее время список видов зоопланктона оз. Вендюрского включает 92 таксона (копепод – 24, кладоцер – 41, коловраток – 27) (табл.)

Установлено, что пелагический зоопланктон озера Вендюрского состоит из видов, обычных для водоемов Фенноскандии. Формирование состава планктонной флоры и фауны после окончания последнего ледникового периода началось 14–15 тысяч лет назад [Zobkov et al., 2019] и продолжается в настоящее время. Состав видов рачкового планктона озера Вендюрского по происхождению отражает процесс формирования планктонной фауны Фенноскандии. Так, 31,0 % видов являются голарктическими, 29,6 % – палеарктическими, 12,7 % – бореальными и 26,7 % составляют виды-космополиты.

Комплекс видов, предпочитающих различные трофические условия, определяет трофический статус планктонной системы озера. Большая часть видов зоопланктона озера Вендюрского (53,5 %) характеризуются как олиготрофы. Промежуточные формы, предпочитающие олиготрофно-β-мезотрофные условия,

Ротаторный и рачковый планктон оз. Вендюрского согласно сводке Т. П. Куликовой и по данным 2020–2021 гг.
Rotifers and crustaceans of Lake Vendyurskoe according to T. P. Kulikova and according to the data of 2020–2021

Название вида Species	*	2020			2021
		Период открытой воды Open water period	Апрель April	Июнь June	Октябрь October
Rotifera	20	7	11	8	7
<i>Trichocerca (Diurella) similis</i> (Wierzejski, 1893)			+		
<i>Trichocerca</i> sp.	+				
<i>Synchaeta verrucosa</i> Nipkow, 1961			+	+	+
<i>Synchaeta</i> sp.	+				
<i>Polyarthra euryptera</i> Wierzejski, 1891	+		+	+	
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943	+		+		
<i>P. dolichoptera</i> Idelson, 1925			+		
<i>Polyarthra</i> sp.	+				
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander, 1894)	+				
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891)	+		+		
<i>Asplanchna herricki</i> Guerne, 1888	+				
<i>A. priodonta</i> Gosse, 1850	+				
<i>Asplanchna</i> sp.	+	+	+	+	+
<i>Lecane</i> sp.	+				
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+				
<i>Platylabus patulus</i> (Müller, 1786)	+				
<i>Platylabus</i> sp.	+				
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+			+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+	+	+
<i>K. bostoniensis</i> (Rousselet, 1908) **				+	+
<i>Notholca cinetura</i> Skorikov, 1914		+			
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank, 1803)	+				
<i>C. unicornis</i> Rousselet, 1892	+				
<i>Conochilus</i> sp.		+	+	+	
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+		+	+
<i>Bdelloidea</i> sp.			+		
Crustacea	64	5	19	15	6
Copepoda	24	3	7	6	3
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	+	+	+	+	
<i>E. graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	+				
<i>Eurytemora lacustris</i> (Poppe, 1887)	+				
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	+				
<i>Macrocyclus distinctus</i> (Richard, 1887)	+				
<i>M. albidus</i> (Jurine, 1820)	+				
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+				
<i>E. speratus</i> (Lilljeborg, 1901)	+				
<i>E. macrurus</i> (Sars, 1863)	+				
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	+			+	
<i>P. affinis</i> (Sars, 1863)	+				
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1893)	+				
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851	+				
<i>C. scutifer</i> Sars, 1863	+		+	+	
<i>C. vicinus</i> Uljanin, 1875	+		+		
<i>C. kolensis</i> Lilljeborg, 1901	+				+
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	+	+	+	+
<i>M. gigas</i> (Claus, 1857)	+				
<i>Acanthocyclops capillatus</i> (Sars, 1863)	+				

Окончание табл.

Table (continued)

Название вида Species	*	2020			2021
		Период открытой воды Open water period	Апрель April	Июнь June	
<i>Diacyclops languidoides</i> (Lilljeborg, 1901)	+				
<i>Microcyclops varicans</i> (Sars, 1863)	+		+		
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+		+	+	
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	+	+	+	+
<i>Th. crassus</i> (Fischer, 1853)	+				
Cladocera	40	2	12	9	3
<i>Sida crystallina</i> (O. F. Müller, 1776)	+				
<i>Limnosida frontosa</i> Sars, 1862	+				
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	+		+	+	
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach, 1855	+		+		
<i>D. (Daphnia) longispina</i> O. P. Müller, 1785	+				
<i>D. (Daphnia) galeata</i> G. O. Sars, 1864	+				
<i>D. (Daphnia) cucullata</i> G. O. Sars, 1862	+		+	+	
<i>D. (Daphnia) cristata</i> G. O. Sars, 1862	+	+	+	+	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O. F. Müller, 1776)	+				
<i>S. serrulatus</i> (Koch, 1841)	+				
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	+				
<i>C. dubia</i> Richard, 1894	+				
<i>C. pulchella</i> Sars, 1862			+	+	
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. P. Müller, 1776)	+				
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars, 1862	+				
<i>Acantholeberis curvirostris</i> (O. F. Müller, 1776)	+				
<i>Streblocerus serricaudatus</i> (Fischer, 1849)	+				
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. Müller, 1785)	+				
<i>E. glacialis</i> Lilljeborg, 1887	+				
<i>Pleuroxus uncinatus</i> Baird, 1850	+				
<i>P. truncatus</i> (O. F. Müller, 1785)	+				
<i>Alonella nana</i> (Baird, 1850)	+				+
<i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	+		+	+	
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	+				
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	+		+	+	
<i>Ch. ovalis</i> Kurz, 1875	+				
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1843)	+				
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Müller, 1785)	+			+	+
<i>A. guttata</i> Sars, 1862	+				
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	+				
<i>A. elongatus</i> (Sars, 1862)	+				
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	+				
<i>Rhynchotalona falcata</i> (Sars, 1862)	+				
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	+				
<i>Bosmina longirostris</i> (O. P. Müller, 1785)	+				
<i>B. (Eubosmina) longispina</i> Leydig, 1860	+	+	+	+	
<i>B. (Eubosmina) coregoni</i> Baird, 1857	+		+	+	
<i>B. (Eubosmina) crassicomis</i> Lilljeborg, 1887	+				
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linné, 1778)	+		+		
<i>Bythotrephes brevimanus</i> Lilljeborg, 1901	+		+		
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	+		+		

Примечание. (*) – сводка Т. П. Куликовой [2007], (**) – чужеродный вид коловратки американского происхождения.

Note. (*) – summary by T. P. Kulikova [2007], (**) – alien rotifer species of American origin.

также составляют значительную долю в 32,6 %. Видов, предпочитающих условия мезотрофии, всего 7 %. По два вида из крайних групп – ксено-олиготрофных и α -мезотрофных – свидетельствуют об адаптивности и пластичности планктонной системы озера.

Согласно данным, полученным в 2020–2021 гг., состав зоопланктона в центральном районе озера Вендюрского и вблизи форелевого хозяйства был схож. Индекс видового сходства Жаккара в апреле и октябре 2020 г. превышал 0,8, а в июне 2020 г. снизился до 0,6 за счет отдельных редко встречающихся видов. Можно предположить, что деятельность форелевого хозяйства на текущий момент не оказывает выраженного влияния на пространственное распределение видов зоопланктона по акватории озера ввиду малых размеров водоема и хорошего водообмена. Однако стоит учитывать, что в исследованиях зоопланктона вблизи форелевых хозяйств на водоемах Карелии отмечены изменения, характерные для процесса эвтрофирования: увеличение обилия зоопланктона, структурные перестройки, рост доли коловраток и кладоцер [Кучко, Кучко, 2010; Стерлигова и др., 2018]. Дальнейшие исследования в разные сезоны года позволят уточнить роль форелевого хозяйства в пространственном распределении видов зоопланктона в озере Вендюрском.

Важным фактом, требующим особого внимания, является обнаружение в Вендюрском озере в заметном количестве чужеродного вида *Kellicottia bostoniensis*. Эта американская коловратка появилась в Европе в 1960-х годах и распространилась по водоемам Германии, Польши и Прибалтики. С первого десятилетия 2000-х вид начинает в массе отмечаться в России, и границы его ареала расширяются [Zhdanova et al., 2016]. Источником его появления в водоемах Карелии является занос птицами во время сезонных миграций. Можно предположить, что занос происходил и раньше, но в карельских водоемах в заметном количестве *K. bostoniensis* отмечается только в последнее десятилетие. Нахождение этого чужеродного вида в подледный период 2021 г., возможно, отражает процесс продвижения его на север и связано с изменением термического режима озер в результате изменчивости регионального климата. В последние десятилетия для водоемов Карелии отмечен более ранний взлом льда, рост поверхностной температуры в период открытой воды, увеличение продолжительности биологического лета и суммы градусо-дней этого периода [Ефремова и др., 2016; Здоровеннова и др., 2017]. В 2010-х вид *K. bostoniensis* обнаружен в Выгозерском водохранилище

[Syarki, 2019], и только единичные экземпляры отмечены на литорали холодноводного Онежского озера [Сярки, 2015]. При сохранении существующих тенденций потепления климата [IPCC..., 2019] можно ожидать дальнейшего распространения этой коловратки в водоемах Южной и Средней Карелии.

Заключение

Озеро Вендюрское является типичным малым водоемом Фенноскандии, и видовой состав зоопланктона озера также типичен для озер этого географического района. Согласно данным, полученным в разные сезоны 2020–2021 гг., а также в предыдущие годы исследований, видовой список зоопланктона озера Вендюрского включает 92 вида (27 – коловраток, 24 – копепоид и 41 – кладоцер). Большую его часть (более 80 %) составляют олиготрофные и олиготрофно- β -мезотрофные виды. Первое обнаружение в озере Вендюрском чужеродного вида американской коловратки *Kellicottia bostoniensis* в октябре 2020 г. и затем в марте 2021 г. – зимующим в активном состоянии, возможно, отражает процесс продвижения этого вида на север и связано с меняющимся термическим режимом озер Карелии и изменчивостью регионального климата. Наши исследования, проведенные в разные сезоны 2020–2021 гг., касались только пелагических районов озера Вендюрского, но добавили в список несколько видов, что отражает неполную изученность состава его планктонного сообщества. Несомненно, дальнейшие исследования дополнят список видов зоопланктона этого водоема.

На текущий момент влияния форелевого хозяйства, функционирующего более 12 лет в озере Вендюрском, на видовой состав зоопланктона этого водоема не выявлено. Однако исследования условий жизнедеятельности зоопланктонного сообщества озера Вендюрского будут продолжены, так как наблюдаемая климатическая изменчивость и постоянное антропогенное воздействие могут в ближайшем будущем отразиться на структуре и продуктивности всех звеньев трофической цепи озера.

Исследование выполнено в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН). Полевые исследования на озере Вендюрском в 2020–2021 гг. и обработка проб выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-60291 «Адаптация арктических лимносистем к быстрому изменению климата».

Литература

- Ефремова Т. В., Пальшин Н. И., Здоровеннова Г. Э., Тержевик А. Ю. Влияние экстремально жаркого лета 2010 г. на температуру воды и распределение кислорода в озерах Карелии // Метеорол. Гидрол. 2015. № 9. С. 67–76.
- Ефремова Т. В., Пальшин Н. И., Белашев Б. З. Температура воды разнотипных озер Карелии в условиях изменения климата (по данным инструментальных измерений 1953–2011 гг.) // Водные ресурсы. 2016. Т. 43, № 2. С. 228–238.
- Здоровеннова Г. Э., Гавриленко Г. Г., Здоровеннов Р. Э., Маммарелла И., Ояла А., Хейсканен Ю., Тержевик А. Ю. Эволюция температуры водной толщи бореальных озер на фоне изменений регионального климата // Изв. РГО. 2017. Т. 149(6). С. 59–74.
- Ильмаст Н. В., Китаев С. П., Кучко В. Я., Павловский С. А. Гидроэкология разнотипных озер южной Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. 92 с.
- Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. 2007. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 394 с.
- Круглова А. Н., Филимонова З. И. О зоопланктоне некоторых озер южной Карелии и его роли в питании крупной ряпушки // Матер. 26-й конф. по изуч. внутр. водоемов Прибалтики. Петрозаводск, 1971. С. 55–57.
- Куликова Т. П. Видовой состав зоопланктона внутренних водоемов Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2001. Вып. 2. С. 133–151.
- Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 223 с.
- Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов Республики Карелия (Россия): История изучения, основные направления исследований, видовой состав, библиография. LAP LAMBERT Academic Publ., 2017. 125 с.
- Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Кучко Я. А., Кучко Т. Ю. Сообщество зоопланктона Онежского озера в районах размещения форелевых хозяйств как индикатор качества воды // Ученые записки ПетрГУ. 2010. № 4(109). С. 9–12.
- Кучко Я. А., Ильмаст Н. В., Кучко Т. Ю. Зоопланктон водоемов верхнего течения системы реки Кенти (Северная Карелия) в условиях длительного промышленного загрязнения // Изв. РАН. Сер. биол. 2015. № 5. С. 552–560.
- Лобанова А. С., Сидорова А. И., Георгиев А. П., Шустов Ю. А., Алайцев Д. П. Роль инвазивного вида *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) в питании речного окуня *Perca fluviatilis* L. литоральной зоны Онежского озера // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10, № 2. С. 81–87.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов в гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / Под ред. Г. Г. Винберг, Г. М. Лаврентьева. Л.: ГосНИОРХ, 1984. С. 33.
- Милянчук Н. П., Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П., Распутин Е. Н., Филатов И. В. Рыбное население Сямозера в районе форелевого хозяйства // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 11. С. 42–49. doi: 10.17076/eco1116
- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электронный ресурс]. 2021. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения: 09.03.2021).
- Озера Карелии. Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В. Р. Алексеева и С. Я. Цалолыхина. М., 2010. 495 с.
- Пальшин Н. И., Здоровеннова Г. Э., Здоровеннов Р. Э., Ефремова Т. В., Гавриленко Г. Г., Тержевик А. Ю. Влияние весенней подледной освещенности и конвективного перемешивания на распределение хлорофилла “а” в малом мезотрофном озере // Водные ресурсы. 2019. Т. 46, вып. 3. С. 259–269.
- Резников А. И., Исаченко Г. А. Изменение климатических характеристик западной части тайги Европейской России в конце XX – начале XXI вв. // Известия РГО. 2021. Т. 153, вып. 1. С. 3–18. doi: 10.31857/S0869607121010055
- Соколова В. А., Филимонова З. И., Потапова О. И. Малые озера Сямозерской группы (зоопланктон, бентос, ихтиофауна) // Тр. Карельского отдела ГосНИОРХ. Т. 4, вып. 2. Петрозаводск, 1966. С. 10–30.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Кучко Я. А., Комулайнен С. Ф., Савосин Е. С., Барышев И. А. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. 127 с.
- Сярки М. Т. Оценка современного состояния экосистемы Онежского озера по гидробиологическим показателям и устойчивости функционирования водных сообществ. Зоопланктон // Крупнейшие озера-водохранилища северо-запада европейской территории России. Современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. С. 121–127.
- Тержевик А. Ю., Пальшин Н. И., Голосов С. Д., Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э., Митрохов А. В., Потахин М. С., Шипунова Е. А., Зверев И. С. Гидрофизические аспекты формирования кислородного режима мелководного озера, покрытого льдом // Водные ресурсы. 2010. Т. 37(5). Р. 568–579.
- IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. Reports, 2019.
- Reliable Prognosis. Rospisaniye Pogody Ltd. [Электронный ресурс]. 2004. URL: https://rp5.ru/Weather_in_the_world (дата обращения: 09.03.2021).
- Syarki M. T. The invasion of the American Rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) into Vygozersky Reservoir (Republic of Karelia, Russia) // Russ. J. Biol. Invasions. 2019. Vol. 10(4). P. 382–386.
- Volkov S., Bogdanov S., Zdorovenov R., Zdorovennova G., Terzhevik A., Palshin N., Bouffard D., Kirillin G. Fine scale structure of convective mixed layer

in ice-covered lakes // *Env. Fluid Mech.* 2019. Vol. 19(3). P. 751–764. doi: 10.1007/s10652-018-9652-2

Zhdanova S. M., Lazareva V. I., Bayanov N. G., Lobunicheva E. V., Rodionova N. V., Shurganova G. V., Kulakov D. V., Il'in M. Yu. Distribution and ways of dispersion of American rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in waterbodies of European Russia // *Russ. J. Biol. Invasions.* 2016. Vol. 7, no. 4. P. 308–320.

Zdorovenov R., Gavrilenko G., Zdorovenova G., Palshin N. I., Efremova T. V., Golosov S. D., Terzhevnik A. Yu. Optical properties of lake Vendyurskoe // *Geography, Environ., Sustainability.* 2016. No. 3. P. 74–87.

References

Efremova T. V., Pal'shin N. I., Zdorovenova G. E., Terzhevnik A. Yu. The effects of extremely hot summer 2010 on water temperature and oxygen distribution in Karelian lakes. *Russ. Meteorol. and Hydrol.* 2015. Vol. 40, no. 9. P. 612–618.

Efremova T. V., Pal'shin N. I., Belashev B. Z. Water temperature in different types of lakes in Karelia under changing climate based on data of instrumental measurements in 1953–2011. *Water Resources.* 2016. Vol. 43, no. 2. P. 402–411. doi: 10.1134/S0097807816020020

Il'mast N. V., Kitaev S. P., Kuchko V. Ya., Pavlovskii S. A. *Gidroekologiya raznotipnykh ozer yuzhnoi Karelii* [Hydroecology of various types of lakes in southern Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2008. 92 p.

Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 394 p.

Kruglova A. N., Filimonova Z. I. O zooplanktone nekotorykh ozer yuzhnoi Karelii i ego roli v pitanii krupnoi ryapushki [On the zooplankton of some lakes in southern Karelia and its role in the diet of large vendace]. *Mater. 26-i konf. po izuch. vnutr. vodoemov Pribaltiki* [Proceed. 26th Baltic Inland Waters Research Conf.]. Petrozavodsk, 1971. P. 55–57.

Kulikova T. P. Vidovoi sostav zooplanktona vnutrennikh vodoemov Karelii [Species composition of zooplankton in inland water bodies of Karelia]. *Trudy KarNTs RAN* [Transactions of KarRC RAS]. 2001. No. 2. P. 133–151.

Kulikova T. P. Zooplankton vodnykh ob'ektov basseina Onezhskogo ozera [Zooplankton of water bodies of the Lake Onega basin]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 223 p.

Kulikova T. P. Zooplankton vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya (Rossiya): Istoriya izucheniya, osnovnye napravleniya issledovaniy, vidovoi sostav, bibliografiya [Zooplankton of water bodies of the Republic of Karelia (Russia): History of study, main directions of research, species composition, and bibliography]. LAP LAMBERT Academic Publ., 2017. 125 p.

Kutikova L. A. *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria)* [Rotifers of the fauna of the USSR (Rotatoria)]. Leningrad: Nauka, 1970. 744 p.

Kuchko Ya. A., Kuchko T. Yu. Soobshchestvo zooplanktona Onezhskogo ozera v raionakh razmeshcheniya forelevykh khozyaistv kak indikator kachestva vody

Zdorovenova G., Palshin N., Zdorovenov R., Golosov S., Efremova T., Gavrilenko G., Terzhevnik A. The oxygen regime of shallow lake // *Geography, Environ., Sustainability.* 2016. No. 2. P. 47–57.

Zobkov M., Potakhin M., Subetto D., Tarasov A. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations // *J. Paleolimnol.* 2019. Vol. 62, iss. 1. P. 53–71. doi: 10.1007/s10933-019-00075-3

Поступила в редакцию 26.04.2021

[The zooplankton community of Lake Onega in the areas where trout farms are located as an indicator of water quality]. *Uchenye zapiski PetrGU* [Proceed. Petrozavodsk St. Univ.]. 2010. No. 4(109). P. 9–12.

Kuchko Ya. A., Il'mast N. V., Kuchko T. Yu. Zooplankton of the upper reaches of the Kenti river system (Northern Karelia) under long-term industrial pollution conditions. *Biol. Bull.* 2015. Vol. 42, no. 5. P. 470–477.

Lobanova A. S., Shustov Y. A., Alaytsev D. P., Sidorova A. I., Georgiev A. P. The role of invasive amphipod *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing) in the feeding of *Perca fluviatilis* L. in the littoral zone of Lake Onega. *Russ. J. Biol. Invasions.* 2017. Vol. 8, no. 3. P. 261–265.

Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov v gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya [Guidelines for collecting and processing materials in hydrobiological studies of fresh water bodies. Zooplankton and its production]. Eds. G. G. Vinberg, G. M. Lavrent'eva. Leningrad: GosNIORKh, 1984. P. 33.

Milyanchuk N. P., Il'mast N. V., Sterligova O. P., Rasputina E. N., Filatov I. V. Rybnoe naselenie Syamozero v raione forelevogo khozyaistva [The fish population of Lake Syamozero near a trout farm]. *Trudy KarNTs RAN* [Transactions of KarRC RAS]. 2019. No. 11. P. 42–49. doi: 10.17076/eco1116

Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut gidrometeorologicheskoi informatsii – Mirovoi tsentr dannykh [All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center]. 2021. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (accessed: 09.03.2021).

Ozera Karelii. Spravochnik [Lakes of Karelia. A reference book]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2013. 464 p.

Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T. 1. Zooplankton [Keys to zooplankton and zoobenthos of fresh waters in European Russia. Vol. 1. Zooplankton]. Eds. V. R. Alekseev, S. Ya. Tsalolikhin. Moscow, 2010. 495 p.

Pal'shin N. I., Zdorovenova G. E., Zdorovenov R. E., Efremova T. V., Gavrilenko G. G., Terzhevnik A. Yu. Effect of under-ice light intensity and convective mixing on chlorophyll a distribution in a small mesotrophic lake. *Water Resources.* 2019. Vol. 46, no. 3. P. 384–394. doi: 10.1134/S0097807819030175

Reznikov A. I., Isachenko G. A. *Izmenenie klimaticheskikh kharakteristik zapadnoi chasti taigi Evropeiskoi*

Rossii v kontse XX – nachale XXI vv. [Changes in the climatic characteristics of the western taiga of European Russia at the end of the XX – beginning of the XXI century]. *Izvestiya RGO* [The RGS Herald]. 2021. Vol. 153, iss. 1. P. 3–18. doi: 10.31857/S0869607121010055

Sokolova V. A., Filimonova Z. I., Potapova O. I. Ma-lye ozera Syamozerskoi gruppy (zooplankton, bentos, ikhtiofauna) [Small lakes of the Syamozero group (zooplankton, bentos, and ichthyofauna)]. *Trudy Karel'skogo otd. GosNIORKh* [Proceed. Karelian Dep. National Research Inst. of Lake and River Fisheries]. Vol. 4, iss. 2. Petrozavodsk, 1966. P. 10–30.

Sterligova O. P., Il'mast N. V., Kuchko Ya. A., Komulainen S. F., Savosin E. S., Baryshev I. A. Sostoyanie presnovodnykh vodoemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniem raduzhnoi foreli v sadkakh [Condition of freshwater reservoirs in Karelia with commercial cultivation of rainbow trout in cages]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2018. 127 p

Syarki M. T. Otsenka sovremennogo sostoyaniya ekosistemy Onezhskogo ozera po gidrobiologicheskim pokazatelyam i ustoichivosti funktsionirovaniya vodnykh soobshchestv. Zooplankton [Assessment of the current state of the ecosystem of Lake Onega by hydrobiological indicators and the sustainability of the functioning of aquatic communities. Zooplankton]. *Krupneishie ozera-vodokhranilishcha severo-zapada evropeiskoi territorii Rossii. Sovr. sostoyanie i izmeneniya ekosistem pri klimaticheskikh i antropogennykh vozdeistviyakh* [The largest lakes-reservoirs of the northwest of the European territory of Russia. Current state and changes in ecosystems under climatic and anthropogenic impacts]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2015. P. 121–127.

Zdorovennova G. E., Gavrilenko G. G., Zdorovenov R. E., Mammarella I., Oyala A., Heiskanen Yu., Terzhevik A. Yu. Evolyutsiya temperatury vodnoi tolshchi boreal'nykh ozer na fone izmenenii regional'nogo klimata [Evolution of the temperature of the water column of boreal lakes against the background of changes in the regional climate]. *Izvestiya RGO* [The RGS Herald]. 2017. Vol. 149(6). P. 59–74.

IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. Reports, 2019.

Reliable Prognosis. Raspisanie Pogody Ltd. 2004. URL: https://rp5.ru/Weather_in_the_world (accessed: 09.03.2021).

Syarki M. T. The invasion of the American Rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) into Vygozersky Reservoir (Republic of Karelia, Russia). *Russ. J. Biol. Invasions*. 2019. Vol. 10(4). P. 382–386.

Terzhevik A. Yu., Pal'shin N. I., Zdorovennov R. E., Zdorovennova G. E., Mitrokhov A. V., Potakhin M. S., Golosov S. D., Shipunova E. A., Zverev I. S. Hydrophysical aspects of oxygen regime formation in a shallow ice-covered lake. *Water Resources*. 2010. Vol. 37, no. 5. P. 662–673. doi: 10.1134/S0097807810050064

Volkov S., Bogdanov S., Zdorovennov R., Zdorovennova G., Terzhevik A., Palshin N., Bouffard D., Kirillin G. Fine scale structure of convective mixed layer in ice-covered lakes. *Env. Fluid Mech*. 2019. Vol. 19(3). P. 751–764. doi: 10.1007/s10652-018-9652-2

Zhdanova S. M., Lazareva V. I., Bayanov N. G., Lobunicheva E. V., Rodionova N. V., Shurganova G. V., Kulakov D. V., Il'in M. Yu. Distribution and ways of dispersion of American rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in waterbodies of European Russia. *Russ. J. Biol. Invasions*. 2016. Vol. 7, no. 4. P. 308–320.

Zdorovennov R., Gavrilenko G., Zdorovennova G., Palshin N. I., Efremova T. V., Golosov S. D., Terzhevik A. Yu. Optical properties of lake Vendyurskoe. *Geography, Environ., Sustainability*. 2016. No. 3. P. 74–87.

Zdorovennova G., Palshin N., Zdorovennov R., Golosov S., Efremova T., Gavrilenko G., Terzhevik A. The oxygen regime of shallow lake. *Geography, Environ., Sustainability*. 2016. No. 2. P. 47–57.

Zobkov M., Potakhin M., Subetto D., Tarasov A. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations. *J. Paleolimnol*. 2019. Vol. 62, iss. 1. P. 53–71. doi: 10.1007/s10933-019-00075-3

Received April 26, 2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сярки Мария Тагевна

старший научный сотрудник лаб. гидробиологии, к. б. н. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: msyarki@yandex.ru
тел.: (8142) 578464

Здорovenнова Галина Эдуардовна

руководитель лаб. гидрофизики, к. г. н. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН» пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: zdorovennova@gmail.com
тел.: (8142) 576381

CONTRIBUTORS:

Syarki, Maria

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky Ave., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: msyarki@yandex.ru
tel.: (8142) 578464

Zdorovennova, Galina

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky Ave., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: zdorovennova@gmail.com
tel.: (8142) 576381