

Научная статья
УДК 597.552.3:591
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-26-33>
EDN YRBUCW

Гидробиоценозы озера Малое Янисъярви (Южная Карелия) в условиях товарного выращивания форели

Е. С. Савосин[✉], Я. А. Кучко, Д. С. Савосин, Н. В. Ильмаст, Н. П. Милянчук

Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук,
Петрозаводск, Россия, szhenya@list.ru[✉]

Аннотация. На основании собственных и литературных данных проанализировано состояние экосистемы оз. Малое Янисъярви (Южная Карелия) в условиях индустриального форелеводства (с 2020 г.). Водоем относится к слабоминерализованным (24,4–31,6 мг/л), сульфатно-кальциевого класса. Химический состав вод не подвержен существенным колебаниям в течение года. Среди форм минерального азота преобладают нитратный и аммонийный (максимальная отмеченная концентрация 0,12 мг/л). Содержание общего фосфора не превышает 0,012 мг/л, минерального – 0,01 мг/л. Колебания концентрации растворенного кислорода находятся в пределах 7,0–9,1 мг/л. Высокая проточность (показатель условного водообмена 3,5 год⁻¹) является основным стабилизирующим фактором, способствующим сохранению гидрохимического режима водоема. В целом водные массы оз. Малое Янисъярви по своему химическому составу отвечают требованиям к водной среде при садковом выращивании лососевых. Приведены данные по основным гидрологическим и гидробиологическим показателям озера. По уровню количественного развития зоопланктона в летне-осенний период озеро соответствует олиготрофному типу с биомассой до 1 г/м³, бентоса – к α-мезотрофному типу (2,8 г/м²). Водоем относится к высшей рыбохозяйственной категории, по литературным данным, в составе ихтиофауны отмечены ценные виды рыб (лосось, кумжа, сиг и ряпушка). Даны рекомендации по срокам проведения экологической экспертизы озера.

Ключевые слова: водная экосистема, товарная форель, биогенные вещества, зоопланктон, зообентос, численность, биомасса

Благодарности: финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания FMEN–2022–0007.

Для цитирования: Савосин Е. С., Кучко Я. А., Савосин Д. С., Ильмаст Н. В., Милянчук Н. П. Гидробиоценозы озера Малое Янисъярви (Южная Карелия) в условиях товарного выращивания форели // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. 26–33. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-26-33>. EDN YRBUCW.

Original article

Lake Maloe Yanisjarvi (Southern Karelia) hydrobiocenoses under commercial trout cultivation conditions

Е. С. Savosin[✉], Ya. A. Kuchko, D. S. Savosin, N. V. Ilmast, N. P. Milyanchuk

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, Russia, szhenya@list.ru[✉]

Abstract. Based on our own and literature data, the state of the ecosystem of Lake Maloe Yanisjarvi (South Karelia) in the conditions of industrial trout farming (since 2020) has been analyzed. The reservoir belongs to the mineralized (24.4–31.6 mg/l), calcium sulfate class. The chemical composition of the waters is not subject to significant fluctuations throughout the year. Among the forms of mineral nitrogen, nitrate and ammonium predominate (the maximum concentration noted is 0.12 mg/l). The total phosphorus content does not exceed 0.012 mg/l, mineral – 0.01 mg/l. Fluctuations in the concentration of dissolved oxygen are in the range of 7.0–9.1 mg/l. High flow rate (indicator of conditional water exchange 3.5 year⁻¹) is the main stabilizing factor contributing to the preservation of the hydrochemical regime of the reservoir. In general, the water masses of Lake Maloe Yanisjarvi in their chemical composition meet the requirements for the aquatic environment in the cage cultivation of salmon. The data on the main hydrological and hydrobiological indicators of the lake are presented. According to the level of quantitative development of zooplankton in the summer-autumn period, the lake corresponds to the oligotrophic type with a biomass of up to 1 g/m³, benthos – to the α-mesotrophic type (2.8 g/m²). The reservoir belongs to the highest fishery category, accord-

ing to literature data, valuable fish species (salmon, trout, whitefish and grouse) are noted as part of the ichthyofauna. Recommendations on the timing of the ecological expertise of the lake are given.

Keywords: aquatic ecosystem, commercial trout, biogenic substances, zooplankton, zoobenthos, abundance, biomass

Acknowledgment: the research was carried out with the use of federal budget funds within the framework of the state task FMEN-2022-0007.

For citation: Savosin E. S., Kuchko Ya. A., Savosin D. S., Ilmast N. V., Milyanchuk N. P. Lake Maloe Yanisyarvi (Southern Karelia) hydrobiocenoses under commercial trout cultivation conditions. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2023;4:26-33. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-26-33>. EDN YRBUCW.

Введение

Радужная форель (*Parasalmo mykiss* Walbaum) – традиционный объект аквакультуры с большим производственным потенциалом в России. В настоящее время лидирующие позиции по садковому форелеводству занимает Республика Карелия, производящая более 80 % товарной форели в Российской Федерации.

В результате активного развития рыбоводства в Карелии и постоянного наращивания объемов производства товарной форели особую актуальность приобретает проблема сохранения чистоты используемых водоемов. Усиление биогенного загрязнения приводит к ускоренной трансформации озерных экосистем, что проявляется в изменении их водной биоты, гидрохимии и гидрологии. С учетом особенностей карельской гидрографии (широкое распространение и развитость озерно-речных систем) необходимо принимать во внимание возможность негативного воздействия и на соседние, расположенные ниже по течению, водоемы [1].

Характерной особенностью воздействия садковых хозяйств на используемые водоемы является наличие биогенных веществ, выделяющихся в водную среду в процессе выращивания (корм, продукты метаболизма рыб). Как правило (за исключением воздушного переноса), загрязняющие вещества поступают в водоем с водосборной площади, испыты-

вая контакт с зоной литорали, служащей естественным экологическим барьером. Известно, что она, будучи сложной биосистемой, играет важную роль в процессах самоочищения водоемов. Интенсивность фильтрационной деятельности зоопланктона в литоральной зоне водоема в несколько раз выше, чем в его центральной части [2]. Очевидно, что биогенные вещества, образующиеся в результате деятельности садковых хозяйств, поступают непосредственно в пелагиаль водоемов, что может привести к ускорению процесса эвтрофикации.

Гидробиологические исследования широко применяются при мониторинге водных экосистем. Для оценки качества вод применяются количественные и качественные показатели биоценозов [2, 3]. Исследование экосистемы оз. Малое Янисъярви представляет интерес в связи с размещением с 2020 г. на его акватории садкового форелевого хозяйства с проектной мощностью около 1 000 т в год.

Цель работы – провести анализ гидрохимических и гидробиологических показателей водоема; на основе изучения собственных и литературных данных дать оценку современного экологического состояния оз. Малое Янисъярви.

Материал и методы исследований

Схема расположения комплексных гидробиологических станций приводится на рис. 1.

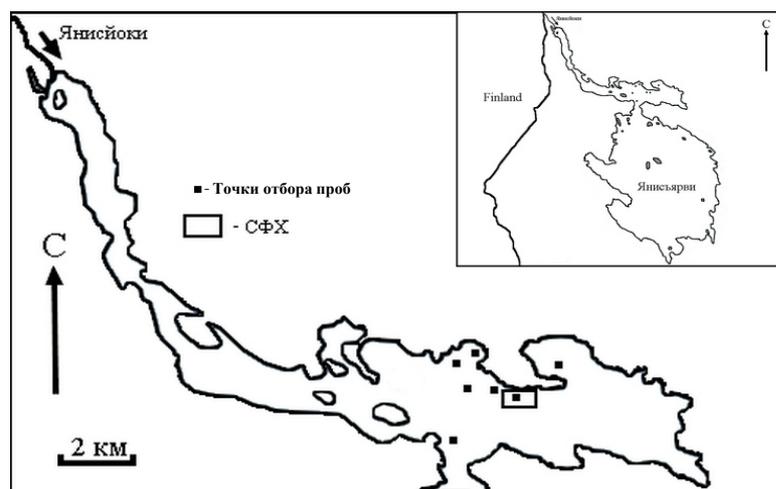


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб на оз. Малое Янисъярви: СФХ – садковое форелевое хозяйство

Fig. 1. Map-diagram of sampling stations on Lake Maloe Yanisyarvi: СФХ – trout cage farm

Исследования проводились в осенний период 2022 г. Комплексные гидробиологические станции были заложены в районе расположения садковых линий (опыт) и на расстоянии 2,0 км от них (контроль). На всех станциях отбирались пробы зоопланктона, на 2-х станциях (опыт и контроль) были взяты образцы воды для гидрохимического анализа.

Для отбора интегрированных проб зоопланктона применялся батометр Рутгнера, материал собирался посылно (поверхность – дно) с интервалом в 1 м с трехкратной повторностью. Оценка планктофауны велась по основным количественным показателям (видовой состав, численность (N), биомасса (B)), а также таксономическому разнообразию [2, 4]. Трофический статус исследуемого водоема по биомассе зоопланктона оценивался по шкале С. П. Китаева [5]. При определении организмов использовался ряд руководств [6, 7]. Гидрохимический анализ проводился

лицензированным ООО «Северная аналитическая лаборатория» (ООО «СЕВАЛ») (г. Петрозаводск).

Сбор количественных проб макрозообентоса осуществлялся с использованием дночерпателя ДАК–250 по стандартной методике, с двукратной повторностью. Камеральная обработка проводилась по руководствам [3, 8]. Для идентификации организмов использовались определители [9, 10]. Названия видов приводятся в соответствии с базой данных Fauna Europea [11]. Анализ данных количественных проб макрозообентоса осуществлялся при помощи программ обработки данных Past, Excel [12]. Индексы Балушкиной [13], Майера, Гуднайта – Уитлея были использованы для определения величины загрязнения органическими веществами. Основные морфометрические характеристики оз. Малое Янисьярви [14] приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Гидрологические характеристики оз. Малое Янисьярви
 Hydrological characteristics of Lake Maloe Yanisyarvi

Параметр	Значение
Географические координаты центра озера	62° 04' с. ш., 30° 50' в. д.
Площадь зеркала, км ²	29,4
Высота над уровнем моря, м	64,0
Длина береговой линии, км	56,0
Водосборная площадь, км ²	2 530,0
Объем водной массы, млн м ³	213,4
Наибольшая длина, км	19,7
Наибольшая ширина, км	2,5
Прозрачность воды, м	1,8–2,0
Показатель условного водообмена, год ⁻¹	3,5
Глубина, м:	
средняя;	7,2
наибольшая	22,0

Озеро Малое Янисьярви расположено в юго-западной части Карелии, принадлежит к бассейну Балтийского моря. Это узкий водоем, вытянутый в направлении с северо-запада на юго-восток, принимающий воды основного притока – р. Янисйоки, через пролив Луопассалми соединен с оз. Большое Янисьярви, которое посредством р. Янисйоки (Ляскеляйоки) связано с Ладожским озером. Донные отложения представлены каменистыми, каменисто-песчаными и песчаными грунтами. Около 80 % площади дна покрыто серым вязким илом с примесью древесных и растительных остатков.

Озеро Малое Янисьярви относится к сульфатно-кальциевому классу слабоминерализованных (24,4–31,6 мг/л) вод. Водоем мезогумусный, со слабокислой нейтральной реакцией среды (рН 6,5–6,7). Содержание кислорода летом составляет не менее

9,0–9,4 мг/л, в остальные периоды года оно колеблется в пределах 7,0–9,09 мг/л. Как и большинство водоемов Карелии, оз. Малое Янисьярви бедно биогенными элементами. Минеральный азот в основном представлен аммонийной и нитратной формами, с максимальным содержанием 0,12 мг/л, нитритные соединения встречаются в следовых количествах. Содержание минерального фосфора не превышает 0,010 мг/л, общего – 0,012 мг/л. Содержание общего железа находится в пределах 0,18–0,26 мг/л. Химический состав вод на протяжении всего года относительно постоянен и не подвержен значительным сезонным колебаниям [15]. По гидрологической и гидрохимической классификациям Малое Янисьярви соответствует олиго-мезотрофному типу [16]. Гидрохимия отбиралась непосредственно в зоне расположения садков и на контрольных точках. Так,

в представленной ниже табл. 2 показатели воды соответствуют следующим условиям: 1 – поверхность у садков; 2 – придонный слой у садков (глубина

17 м); 3 – контроль поверхность (1,5 км от садков); 4 – контроль придонный слой (глубина 16 м); 5 – литораль (глубина 0,5 м).

Таблица 2

Table 2

Химический состав воды оз. Малое Янисъярви (10.10.2022)
Chemical composition of the water of Lake Maloe Yanisjarvi (10.10.2022)

Показатель	Исследуемый участок				
	1	2	3	4	5
Фосфор общий, мг/л	< 0,02				
Азот общий, мг/л	< 1				
Ион аммония, мг/л	< 0,5				
Нитрат-ион, мг/л	0,43 ± 0,09	< 0,2	0,45 ± 0,1	0,52 ± 0,08	0,47 ± 0,10
pH, ед. pH	6,34 ± 0,05	6,49 ± 0,05	5,93 ± 0,05	6,15 ± 0,05	6,29 ± 0,05
Перманганатная окисляемость, мг/л	12,6 ± 1,3	14,5 ± 1,5	18,6 ± 1,9	14,5 ± 1,5	17,4 ± 1,7
БПК ₅ , мгО ₂ /л	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,2
Взвешенные вещества, мг/л	0,6 ± 0,1	0,8 ± 0,2	0,7 ± 0,1	0,5 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Цветность, град. Pt-Co шкалы	213 ± 21	224 ± 22	252 ± 25	241 ± 24	234 ± 23
Нитрит-ион, мг/л	< 0,005				

В целом водные массы оз. Малое Янисъярви на акватории рыбоводного участка по своему химическому составу отвечают требованиям лососевых к водной среде (ОСТ 15.372–87), озеро используется для товарного рыбоводства, любительского лова и рекреации.

Результаты и обсуждение

По результатам наших исследований в составе планктонной фауны отмечено 12 видов коловраток и низших ракообразных, из них Rotifera – 2 вида, Copepoda – 5 видов (из них Calaniformes – 3, Cyclopiformes – 2), Cladocera – 5 видов.

Основу сообщества зоопланктона в осенний период составили широко распространенные виды коловраток и ракообразных, свойственные водоемам европейского Севера. К числу доминирующих видов коловраток Rotifera относятся *Kellicottia longispina* и *Keratella cochlearis*, которые являются типичными

представителями северного ротаторного планктонного комплекса, свойственного водоемам Карело-Кольского региона. Среди ракообразных наибольшей встречаемостью (более 50 % от общего количества проб) отличаются виды родов *Bosmina* и *Daphnia*, а также *Thermocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leuckarti* и *Eudiaptomus gracilis*, которые широко распространены в разнотипных озерах Карелии [17, 18]. Как правило, с установлением температуры воды ниже 10 °С сообщество зоопланктона приобретает осенний характер с обедненным видовым составом, представленным круглогодичными видами и низкими количественными показателями. Это отмечено в ходе наших исследований при температуре воды 9,0–9,5 °С.

Количественные и структурные показатели сообщества зоопланктона оз. Малое Янисъярви приводятся в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Table 3

Средние количественные показатели зоопланктона оз. Малое Янисъярви (осень)
Average quantitative indicators of zooplankton of Lake Maloe Yanisjarvi (autumn)

Группа	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./м ³	%	г/м ³	%
Rotifera	0,05	1	0,001	< 1
Cladocera	5,57	51	0,163	58
Cyclopiformes	4,11	38	0,078	28
Calaniformes	1,11	10	0,040	14
Всего	10,84	100	0,282	100

Таблица 4

Table 4

Структурные показатели зоопланктона оз. Малое Янисьярви

Structural indicators of zooplankton of Lake Maloe Yanisarvi

Показатель	Дата исследования		
	08.1947*	07.1994**	10.2022***
Общее число видов $S_{\text{общ}}$	18	29	12
Число видов в пробе $S_{\text{пр}}$	–	–	6
Индекс Шеннона (H_N)	–	–	1,6
Средняя численность (min–max), тыс. экз./м ³	13,3	2,4–62,4	10,84 (2,55–28,1)
Средняя биомасса (min–max), г/м ³	0,510	0,033–1,970	0,281 (0,067–0,802)
Массовые виды	<i>Th. oithonoides</i> <i>M. leuckarti</i> <i>E. gracilis</i> <i>B. longirostris</i> <i>H. appendiculata</i>	<i>A. priodonta</i> <i>E. gracilis</i> <i>Th. oithonoides</i> <i>B. longirostris</i>	<i>Th. oithonoides</i> <i>B. longirostris</i> <i>D. cristata</i> <i>B. coregoni</i>
Тип водоема по шкале трофности	Олиготрофный	Олиготрофный- α-мезотрофный	Олиготрофный

* Составлено по [20]; ** составлено по [19]; *** данные авторов.

В летний период (07.1994), согласно литературным данным, число таксонов рангом ниже рода составляло 29, из них Rotifera – 9, Copepoda – 8, Cladocera – 12. К массовым видам относились типичные для большинства водоемов Карелии *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Conochilus unicornis*, *Thermocyclops oithonoides*, *Eudiaptomus gracilis*, *Daphnia cristata*. Численность зоопланктона колебалась в пределах 2,4–62,4 тыс. экз./м³, биомасса – 0,033–1,97 г/м³. Основу численности и биомассы составляли циклопы и коловратки [19]. Согласно более ранним исследованиям (1946–1947 гг.), в оз. Малое Янисьярви было отмечено 18 таксонов в составе планктонной фауны. Средняя численность в августе составляла 13,3 тыс. экз./м³ при доминировании циклопид (47 %) и калянид (34 %), биомасса – 0,51 г/м³ [20].

Макрозообентос является очень удобным объектом при мониторинге пресноводных водоемов. Донные отложения в месте постановки садков в оз. Малое Янисьярви были представлены песчаными, глинистыми и илесто-песчаными грунтами.

Общий список бентосных организмов за период исследования включает 16 таксонов рангом ниже рода, из них Oligochaeta – 5 (*Nais* sp., *Lumbriculus variegatus* (Muller, 1774), *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862, *Lamprodrilus isoporus* subsp. *variabilis* Svetlov, 1936, *Tubifex tubifex* (Muller, 1774); Chironomidae – 8 (*Demicryptochironomus vulneratus* (Zetterstedt, 1838), *Cladopelma lateralis* (Goetghebuer, 1934), *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758), *Chiro-*

nomus anthracinus Zetterstedt, 1860, *Cryptochironomus obreptans* (Walker, 1856), *Tanytarsus excavatus* Edwards, 1929, *Tanytarsus* sp., *Procladius* sp.).

Благодаря способности организмов обитать в измененной среде, их крупным размерам, конкретному ареалу и достаточной продолжительности жизни они могут аккумулировать вещества, влияющие на водную экосистему [3]. Основу макрозообентоса формируют личинки хирономид (*Chironomus anthracinus*, *Chironomus plumosus* *Tanytarsus* sp.), хаоборус и олигохеты семейства Tubificidae (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*).

В составе зообентоса озера в зоне профундали также отмечены представители моллюсков (*Bivalvia* – *Pisidium* sp.). Более 50 % таксонов макробеспозвоночных в составе бентоса представлено насекомыми.

Доля Chironomidae по биомассе в пробе варьировала от 36 до 95 %, по численности от 25 до 90 %. Значительного развития на илистой профундали достигают Chaoboridae, составляя в отдельных пробах до 55 % биомассы и 75 % численности. Зона литорали в районе исследования практически не представлена, что значительно обедняет видовой состав бентофауны. Следует отметить, что в макрозообентосе на заиленных глинах профундали (на глубинах свыше 15 м) были обнаружены представители реликтовых ракообразных – *Monoporeia affinis*, индикатора олиготрофии, чувствительного к содержанию кислорода. Количественные показатели макрозообентоса в осенний период представлены в табл. 5.

Средние численность и биомасса макрозообентоса в оз. Малое Янисьярви
 в районе постановки садков (осень)*

Average abundance and biomass of macrozoobenthos in Lake Maloe Yanisjarvi
 in the area of the production of sweets (autumn)

Таксон	Численность		Биомасса		Встречаемость
	<i>N</i> , экз./м ²	<i>N</i> , %	<i>B</i> , г/м ²	<i>B</i> , %	
Chironomidae	80	9,50	0,16	5,71	83,3
Oligochaeta	152	18,05	0,13	4,64	83,3
Bivalvia	40	4,75	0,61	21,79	16,6
Amphipoda	80	9,50	0,30	10,71	16,6
Chaoboridae	470	55,82	1,5	53,57	0,5
Other	20	2,38	0,1	3,57	16,6
<i>Всего</i>	842	100,0	2,8	100,0	–

* *N*, экз./м² – средняя численность; *N*, % – относительная численность; *B*, г/м² – средняя биомасса; *B*, % – относительная биомасса; *F*, % – встречаемость таксонов от общего числа проб.

Биомасса зообентоса в осенний период составляла 2,8 г/м², численность – 842 экз./м². Хирономидный индекс «К» составил 1,7, что позволяет отнести оз. Малое Янисьярви к умеренно-загрязненным водным объектам. Олигохетный индекс Гуднайта – Уитлея (ОИ = 30 %), основанный на соотношении численности олигохет и общей численности всех организмов макрозообентоса, позволяет отнести оз. Малое Янисьярви ко 2–3 классу качества вод с незначительным загрязнением.

Таким образом, по шкале трофности исследованный водоем соответствует α-мезотрофным [5].

Согласно показателю сапробности (2,50), полученному с использованием 7 таксонов макрозообентоса (видов-индикаторов), водоем относится к β-мезосапробному типу.

Заключение

Полученные данные не противоречат результатам предыдущих исследований. Гидрохимический режим не претерпел существенных изменений, по совокупности основных показателей озеро по-прежнему относится к слабоминерализованным, мезогумусным водоемам с низким содержанием биогенных соединений, что говорит о стабильно-

сти экосистемы оз. Малое Янисьярви за более чем полувековой период.

В сообществе зоопланктона отмечается значительное сходство в видовом разнообразии и количественных показателях, практически не изменился состав доминирующего комплекса. Отмеченные различия могут быть связаны со сроками отбора проб и укладываются в рамки естественных межгодовых флуктуаций. По уровню количественных показателей зоопланктона в летний период водоем можно отнести к переходному олиго-мезотрофному типу со средней биомассой около 1 г/м³, в осенний период к олиготрофному типу (0,281 г/м³) по шкале трофности С. П. Китаева.

По совокупности структурных показателей зообентоса водоем можно отнести к умеренно-загрязненным водам 2–3 класса качества, подверженного незначительному загрязнению.

Уровень количественного развития донной фауны характеризует оз. Малое Янисьярви как α-мезотрофный водный объект.

Для уточнения полученных результатов целесообразно проведение комплексных исследований в летний (июнь-сентябрь) гидробиологический период.

Список источников

1. Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Кучко Я. А. и др. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2018. 127 с.
2. Андроникова Н. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 186 с.
3. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
4. Мэгаран Э. Экологическое разнообразие. М.: Мир, 1992. 184 с.
5. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2007. 390 с.
6. Кутикова Л. А. Коловатки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1970. 744 с.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цаллохихина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. Зоопланктон. 495 с.
8. Жадин В. И. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Наука, 1956. Т. 4. С. 17–41.

9. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. Т. 2. Зообентос. 457 с.

10. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe // *Lauterbornia*. 2009. V. 66. P. 1–235.

11. De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., et al. Fauna Europea – all European animal species on the web // *J. Biodiversity*. 2014. V. 2. P. 35–48.

12. Hammer O. P., Harper D. A., Ryan P. D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. V. 4 (1). P. 9.

13. Балушкина Е. В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.

14. Озера Карелии. Природа, рыбы и рыбное хозяйство: справ. Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР, 1959. 619 с.

15. Озера Карелии / под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Ку-

харева. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2013. 464 с.

16. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем): учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2008. 138 с.

17. Куликова Т. П. Видовой состав зоопланктона внутренних водоемов Карелии // Тр. КарНЦ РАН. Сер.: Биология. 2001. Вып. 2. С. 133–151.

18. Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера. Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН; Ин-та вод. проблем Севера, 2007. 223 с.

19. Рябинкина М. Г., Куликова Т. П., Рыжков Л. П. Зоопланктон водоемов бассейна Северной Ладogi // Тр. Карельс. НЦ РАН. Сер.: Биogeография. 2012. Вып. 13, № 1. С. 113–125.

20. Александров Б. М., Гуляева А. М. Озеро Малое Янисъярви // Озера Карелии. Природа, рыбы и рыбное хозяйство: справ. Петрозаводск: Госиздат Карел. АССР, 1959. С. 391–394.

References

1. Sterligova O. P., Il'mast N. V., Kuchko Ia. A. i dr. *Sostoianie presnovodnykh vodoemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniem raduzhnoi foreli v sadkakh* [The state of freshwater reservoirs of Karelia with commercial cultivation of rainbow trout in cages]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2018. 127 p.

2. Andronikova H. H. *Strukturno-funktsional'naiia organizatsiia zooplanktona ozernykh ekosistem* [Structural and functional organization of zooplankton of lake ecosystems]. Saint-Petersburg, Nauka Publ., 1996. 186 p.

3. Bakanov A. I. Ispol'zovanie zoobentosa dlia monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor) [The use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (review)]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2000, no. 1, pp. 68–82.

4. Megarran E. *Ekologicheskoe raznoobrazie* [Ecological diversity]. Moscow, Mir Publ., 1992. 184 p.

5. Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlia gidrobiologov i ikhtologov* [Basics of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2007. 390 p.

6. Kutikova L. A. *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria)* [Rotifers of the fauna of the USSR (Rotatoria)]. Leningrad, Nauka. Leningr. otd-nie Publ., 1970. 744 p.

7. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii* [Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia]. Pod redaktsiei V. R. Alekseeva, S. Ia. Tsalolikhina. Moscow, Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010. Vol. 1. Zooplankton. 495 p.

8. Zhadin V. I. Metodika izucheniia donnoi fauny i ekologii donnykh bespozvonochnykh [Methods of studying the benthic fauna and ecology of benthic invertebrates]. *Zhizn' presnykh vod SSSR*. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1956. Vol. 4. Pp. 17–41.

9. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii* [Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia]. Moscow, Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2016. Vol. 2. Zoobentots. 457 p.

10. Timm T. A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe. *Lauterbornia*, 2009, vol. 66, pp. 1–235.

11. De Jong Y., Verbeek M., Michelsen V., et al. Fauna

Europea – all European animal species on the web. *J. Biodiversity*, 2014, vol. 2, pp. 35–48.

12. Hammer O. R., Harper D. A., Ryan P. D. Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4 (1), p. 9.

13. Balushkina E. V. Primenenie integral'nogo pokazatelya dlia otsenki kachestva vod po strukturnym kharakteristikam donnykh soobshchestv [Application of an integral indicator to assess water quality by structural characteristics of bottom communities]. *Reaktsiia ozernykh ekosistem na izmenenie bioticheskikh i abioticheskikh uslovii*. Saint-Petersburg, Izd-vo ZIN RAN, 1997. Pp. 266–292.

14. *Ozera Karelii. Priroda, ryby i rybnoe khoziaistvo: spravochnik* [Lakes of Karelia. Nature, fish and fisheries: handbook]. Petrozavodsk, Gosizdat Karel. ASSR, 1959. 619 p.

15. *Ozera Karelii* [Lakes of Karelia]. Pod redaktsiei N. N. Filatova, V. I. Kukhareva. Petrozavodsk, Izd-vo KarNTs RAN, 2013. 464 p.

16. Zilov E. A. *Gidrobiologiya i vodnaia ekologiya (organizatsiia, funktsionirovanie i zagriaznenie vodnykh ekosistem): uchebnoe posobie* [Hydrobiology and aquatic ecology (organization, functioning and pollution of aquatic ecosystems): textbook]. Irkutsk, Izd-vo Irkut. un-ta, 2008. 138 p.

17. Kulikova T. P. Vidovoi sostav zooplanktona vnutrennikh vodoemov Karelii [Species composition of zooplankton of Karelian inland reservoirs]. *Trudy KarNTs RAN. Seriya: Biologiya*, 2001, iss. 2, pp. 133–151.

18. Kulikova T. P. *Zooplankton vodnykh ob'ektov basseina Onezhskogo ozera* [Zooplankton of water bodies of the Onega Lake basin]. Petrozavodsk, Izd-vo Karel's. nauch. tsentra RAN; In-ta vod. problem Severa, 2007. 223 p.

19. Riabinkina M. G., Kulikova T. P., Ryzhkov L. P. Zooplankton vodoemov basseina Severnoi Ladogi [Zooplankton of reservoirs of the Northern Ladoga basin]. *Trudy Karel'skogo NTs RAN. Seriya: Biogeografiia*, 2012, iss. 13, no. 1, pp. 113–125.

20. Aleksandrov B. M., Guliaeva A. M. Ozero Maloe Ianis'iarvi [Lake Maloe Janisjärvi]. *Ozera Karelii. Priroda, ryby i rybnoe khoziaistvo: spravochnik*. Petrozavodsk, Gosizdat Karel. ASSR, 1959. Pp. 391–394.

Информация об авторах / Information about the authors

Евгений Сергеевич Савосин – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; szhenya@list.ru

Ярослав Александрович Кучко – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; y-kuchko@mail.ru

Денис Сергеевич Савосин – кандидат биологических наук; научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; sadenser@inbox.ru

Николай Викторович Ильмаст – доктор биологических наук; главный научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; ilmast@mail.ru

Николай Петрович Миланчук – младший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных; Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук; milyanchuk90@mail.ru

Evgeny S. Savosin – Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; szhenya@list.ru

Yaroslav A. Kuchko – Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; y-kuchko@mail.ru

Denis S. Savosin – Candidate of Biological Sciences; Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; sadenser@inbox.ru

Nikolay V. Ilmast – Doctor of Biological Sciences; Head Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; ilmast@mail.ru

Nikolay P. Milyanchuk – Junior Researcher of the Laboratory of Ecology of Fish and Aquatic Invertebrates; Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences; milyanchuk90@mail.ru

