

## ЭКОСИСТЕМА МАСЛОЗЕРА И РЕЗУЛЬТАТЫ ВСЕЛЕНИЯ В ВОДОЁМ КОРЮШКИ *OSMERUS EPERLANUS*

© 2021 Ильмаст Н.В.<sup>а,\*</sup>, Стерлигова О.П.<sup>а</sup>, Кучко Я.А.<sup>а</sup>, Шаров А.Н.<sup>б</sup>,  
Савосин Е.С.<sup>а</sup>, Савосин Д.С.<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск 185910, Россия;

<sup>б</sup> ФГБУН Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр  
экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург 197110, Россия;

e-mail: \* [ilmast@mail.ru](mailto:ilmast@mail.ru)

Поступила в редакцию 23.01.2020. После доработки 19.04.2021. Принята к публикации 10.05.2021

В работе представлены результаты исследований экосистемы оз. Маслозера (бассейн Белого моря). Оно является малым, глубоководным и слабопроточным. Изучены его гидрохимические и гидробиологические показатели. Впервые приведены количественные и структурные показатели состояния зоопланктона и макрозообентоса озера. По шкале трофности водоём относится к олиго-мезотрофному типу. В озере обитает 14 видов рыб, принадлежащих к 11 семействам. Наибольшую численность составляют окунь *Perca fluviatilis*, сиг *Coregonus lavaretus*, щука *Esox lucius*, плотва *Rutilus rutilus* и вселённая корюшка *Osmerus eperlanus*. Дана оценка работ по её интродукции в Маслозеро. Корюшка в водоёме натурализовалась, успешно размножается и достигла высокой численности. Темп её роста идентичен показателям из материнского водоёма – Ладожского озера. В питании хищных рыб (щука, налим, окунь, паляя) доминировала корюшка, как более многочисленный и доступный кормовой объект на протяжении всего года. В хозяйственном отношении озеро используется для нужд местного населения, рекреации, любительского рыболовства и рыбоводства.

**Ключевые слова:** Маслозеро, лимнологические показатели, сообщество гидробионтов, корюшка, интродукция, натурализация.

DOI: 10.35885/1996-1499-2021-14-2-40-51

### Введение

Для Республики Карелия характерно уникальное изобилие озёр (более 60 тыс.), акватория которых составляет 22% её территории. Этот показатель является одним из самых высоких в мире. Хорошо изучены большие и средние по площади водоёмы республики (их около 10 тыс.). Наиболее многочисленной группой являются малые водоёмы (до 10 га), насчитывающие около 50 тыс., они изучены слабо [Китаев, 2007]. К малым водоёмам относится и Маслозеро, где проводились наши исследования. Озеро принадлежит бассейну Белого моря, с площадью водного зеркала 80 км<sup>2</sup>, имеет ледниковое происхождение, находится практически в природном состоянии, что очень редко для настоящего времени. Водосборная площадь его слабо заселена, нет крупных промышленных предприятий. В литературных источниках по экосистеме Маслозера имеются лишь незначительные данные по гидрологии и гидробиологии.

С целью улучшения кормовой базы хищных рыб, обитающих в водоёмах республики, начиная с 1950-х гг. до 1980-х гг. проводились рыбоводные работы по вселению европейской корюшки *Osmerus eperlanus* [Смирнова-Стефановская, 1961; Кудерский, Сонин, 1968]. Этот вид обладает широким ареалом от Франции до Балтийского, Белого и Баренцева морей, включая юго-восточную часть Скандинавского п-ова и юго-запад Ирландии [Берг, 1948; Виллер, 1983; Nellbring, 1989]. В России корюшка отмечена в бассейнах всех этих морей [Клюканов, 1977]. Северной границей её распространения является оз. Имандра в Мурманской обл., в Карелии – оз. Паанаярви [Смирнов, 1977; Shustov et al., 2000].

В водоёмах Карелии корюшка *Osmerus eperlanus* (L.), по данным С.В. Герда [1949], обитала в 64 озёрах, по нашим данным, в 68, из них 34 водоёма относятся к бассейну Онежского оз., 24 – к Беломорскому и 10 – к Ладожскому [Герд, 1949; Стерлигова и др., 2016]. Пресно-

водная корюшка способна обитать в водоёмах различного типа от олиготрофных (Онежское оз.) до дистрофных (Сундозеро, что является редким исключением). Рыбоводные работы по вселению корюшки икрой и личинками проводили на некоторых озёрах Карелии. Так, из Онежского оз. личинок корюшки выпускали в Сундозеро, где она успешно натурализовалась и достигла значительной численности [Гуляева, 1967]. Из Ладожского оз. икру корюшки вселяли в Сегозеро, а личинками заселяли озёра: Селецкое, Маслозеро и Елмозеро. Получен положительный результат во всех водоёмах её вселения [Стерлигова, Ильмаст, 2009; 2012].

В республике отмечены случаи саморасселения корюшки по озерно-речным системам. Из оз. Сундозеро она по реке попала в Пялозеро, из оз. Сегозеро по протоке в Выгозеро, из Иматозера по малому ручью в Сямозеро. Корюшка натурализовалась в этих озёрах и образовала высокую численность [Александрова, 1963; Гуляева, 1967; Осипова, 1972; Стерлигова, Ильмаст, 2012].

Особое место в проблеме динамики численности рыб занимают исследования вновь создаваемых популяций, анализ их адаптаций к системе уже сложившихся пищевых взаимоотношений и изменчивости основных параметров вида в условиях новой экосистемы [Решетников и др., 1982; Дгебуадзе, 2002; Алимов и др., 2004; Дгебуадзе, Павлов, 2007; Kriksunov et al., 2011; Dgebuadze, 2014].

Цель настоящей работы – исследовать современное состояние оз. Маслозера, изучить образ жизни вида вселенца – корюшки и определить её роль в экосистеме водоёма.

### Материал и методы исследования

Основой работы послужили собственные сборы авторов в летний и осенний периоды 2018–2019 гг. на оз. Маслозеро. По экосистеме озера имеются незначительные гидробиологические показатели (зоопланктон, зообентос), включая рыбное население. Биологические показатели вселённой корюшки приводятся впервые. Для сравнительной характеристики всех звеньев трофической цепи использованы результаты наблюдений прошлых лет и архивные материалы.

Химический состав воды определяли по стандартным методикам [Абакумов, 1977; Морозов, 1998]. Фитопланктон отлавливался в летний период батометром Рутнера. Интегрированные пробы (поверхность – дно с интервалом в 1 м и объёмом 1 л), фиксировали 4%-м формалином. Водоросли концентрировали осадочным методом. Пробы обрабатывали с использованием общепринятых методик [Киселёв, 1956; Усачёв, 1961].

Пробы зоопланктона и зообентоса отбирали на гидробиологических станциях, выбор которых обуславливался геоморфологией озёрной котловины водоёма. В пелагиали отбор проб производили батометром Рутнера объёмом 2 л с двухкратной повторностью с каждого горизонта, на литорали (на глубинах до 1.5 м) – мерным ведром путём фильтрации 50 л воды через планктонную сеть (размер ячеек 64 мкм) с последующей фиксацией 4%-м раствором формалина. Камеральная обработка осуществлялась по общепринятым методикам [Методические рекомендации..., 1984; Определитель зоопланктона и зообентоса..., 2010]. Биомассу зоопланктона определяли расчётным методом [Ruttner-Kolisko, 1977; Балущкина, 1997]. Глубина на станциях измерялась эхолотом, температура воды – электротермометром.

Сообщество зоопланктона оценивалось по видовому составу, численности ( $N$ ), биомассе ( $B$ ), средней индивидуальной массе ( $W_{cp}$ ) зоопланктона за вегетационный период, соотношению между различными таксономическими группами [Андроникова, 1996]:  $B_{crus}/B_{rot}$  – отношение биомасс ракообразных и коловраток,  $B_{cycl}/B_{cal}$  – отношение биомасс циклопов и калянид,  $N_{clad}/N_{cop}$  – отношение численностей кладоцер и копепод. Рассчитывались индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера ( $H_N$ ) и индекс доминирования Бергера – Паркера ( $I_{B/P}$ ) [Shannon, Weaver, 1949; Мэггаран, 1992]. Для оценки трофического статуса водоёмов на основе изучения видового состава зоопланктона применялся коэффициент трофности  $E$ , предложенный А.Х. Мязметсом [1979] с учётом дополнительного списка видов-индикаторов, содержащегося в работе L. Nakkarı [1972]. Трофический статус водоёмов оценивался по шкале

трофности по методике С.П. Китаева [2007]. Оценка сапробности воды по зоопланктону проводилась по методу Пантле – Букка в модификации Сладечека [Sládeček, 1973; Макарушин, 1974; Унифицированные..., 1977]. При этом учитывались рекомендации по определению сапробности по зоопланктону для водоёмов Карелии [Андроникова, 1996; Куликова, 2010].

Систематика низших ракообразных и коловраток приведена согласно современным представлениям о таксономии планктонных беспозвоночных [Определитель..., 2010]. При определении видов использовался ряд руководств [Смирнов, 1976; Кутикова, 1977; Segers, 2002; Radwan et al., 2004]. Математическая обработка выполнена при помощи программы Microsoft Excel. При статистической обработке материала использованы соответствующие руководства [Лакин, 1990].

Для отбора количественных проб макрозообентоса использовали дночерпатель ДАК-250 (модификация Экмана – Берджа с площадью захвата  $1/40 \text{ м}^2$ ) с последующей промывкой грунта через сито № 23 (ячейка 0.4 мм) и фиксацией в 8%-м растворе формальдегида. На каждой станции отбирали по 2 дночерпателя. Камеральную обработку проб проводили в лаборатории по общепринятой методике [Жадин, 1956; Баканов, 1997]. Беспозвоночных взвешивали с точностью 0.1 мг на торсионных весах.

Данные количественных проб макрозообентоса проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидробиологических данных – АСОГД [Хазов, 2000].

Лов рыбы осуществлялся сетями с ячейкой 10–60 мм, которые выставляли в разных участках и на различных глубинах озера. Для ловли личинок корюшки использовали мальковый круг. Сбор и обработка ихтиологического материала проводились по методике И.Ф. Правдина [1966]. Анализировались следующие показатели рыб: длина и масса тела, пол, стадия зрелости гонад, питание. Возраст корюшки определяли по отолитам. Для изучения её питания фиксировали желудочно-кишечный тракт, содержимое которого исследовали согласно методикам [Методическое

пособие..., 1974; Методические рекомендации..., 1984]. Всего собрано и обработано 6 гидрохимических проб, 14 – зоопланктона, 12 – макрозообентоса. Исследовано 550 экз. разных видов рыб, из них 250 экз. корюшки.

## Результаты исследований и обсуждение

Маслозеро представляет собой узкий вытянутый с северо-запада на юго-восток водоём (рис. 1). Площадь водного зеркала  $80 \text{ км}^2$ , наибольшая длина – 27.1 км, ширина – 6.3 км, максимальная глубина – 75 м, средняя – 26 м [Озёра Карелии..., 2013]. Водоём слабопроточный, из него вытекает один небольшой ручей. Коэффициент условного водообмена озера равен 0.09, то есть его водные массы полностью заменяются водой с водосборной площади один раз в 11 лет (табл. 1).

К числу важнейших динамических характеристик водоёмов относятся течения, влияющие на перемещение и трансформацию водных масс. Отсутствие течения или слабое течение создают условия для накопления сточных вод в местах их сброса и повышения концентрации загрязняющих веществ до критических величин. На оз. Маслозеро определяющим течением является ветровое, которое наблюдается постоянно с мая по октябрь с преобладанием западных и юго-западных

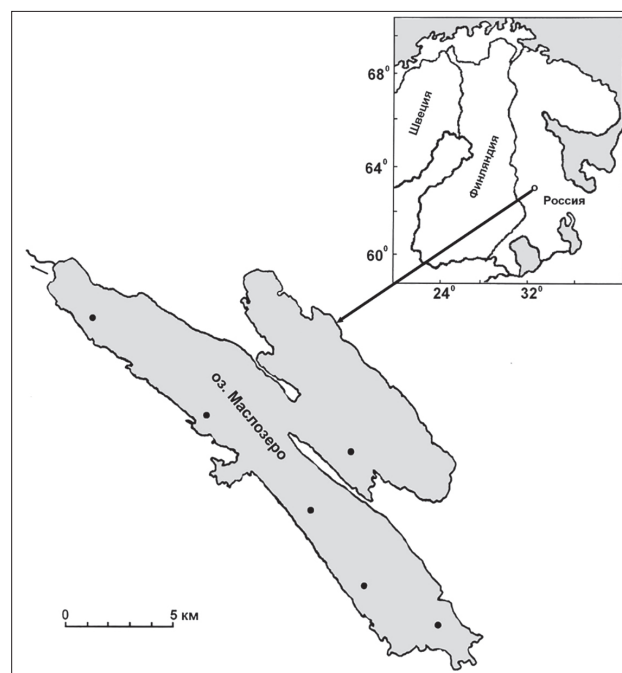


Рис. 1. Карта-схема Маслозера (точки – места взятия проб).

Таблица 1. Основные гидрологические показатели оз. Маслозеро

Показатель	Величина
Координаты озера	63°28' с. ш., 32°57' в. д.
Высота над уровнем моря, м	125
Длина береговой линии, км	93
Площадь озера, км <sup>2</sup>	80
Наибольшая длина озера, км	27.1
Наибольшая ширина, км	6.3
Средняя глубина, м	26
Максимальная глубина, м	75
Условный водообмен, период, год	11

направлений. Средняя скорость ветра равна 4.0 м/с, количество штилевых дней не превышает 7%.

По своему химическому составу вода Маслозера относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция, с низкой минерализацией (27 мг/л) и цветностью (9–10°). Вода озера хорошо насыщена кислородом, и его количество в период исследований на поверхности и на глубинах озера оставалось неизменным – 9.0 мг/л (табл. 2). Активная реакция воды близка к нейтральной – рН 6.9–7.2. Перманганатная окисляемость воды составляла 3.4–4.0 мгО<sub>2</sub>/л. Содержание биогенных

элементов (0.07 Р<sub>общ.</sub> мг/л – 0.25 N<sub>общ.</sub> мг/л) в пределах нормы. Среди форм минерального азота преобладали аммонийный и нитратный с концентрациями 0.10–0.15 мгN/л, что характерно для олиготрофных водоёмов [Милиус и др., 1987; Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990; Китаев, 2007].

Существенную роль при исследовании водных объектов играет динамика гидробиологических показателей, так как короткий жизненный цикл беспозвоночных позволяет, даже при проведении ограниченных по времени наблюдений, оценить современное состояние экосистемы. Важность изучения

Таблица 2. Результаты химического анализа оз. Маслозеро

Показатели	2008 г. <sup>1</sup>	2018 г. <sup>2</sup>
Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	2.4	4.0
Цветность, градус	9	11
рН	7.0	6.6
Содержание О <sub>2</sub> , мг/л	9.6	9.0
Содержание СО <sub>2</sub> , мг/л, поверхность	-	0.8
Фосфор Р <sub>общ.</sub> , мг/л	0.06	0.07
Аммонийный азот NH <sub>4</sub> , мг/л	0.08	0.14
Нитритный азот NO <sub>2</sub> , мг/л	0.01	0.02
Нитратный азот NO <sub>3</sub> , мг/л	0.12	0.15
Азот <sub>общ.</sub> , мг/л	0.26	0.30
Азот <sub>орг.</sub> , мг/л	0.8	1.2
Натрий Na, мг/л	1.0	1.5
Калий K, мг/л	0.5	0.8
Гидрокарбонаты	15.4	16.0
Магний Mg, мг/л	1.94	1.97
Кальций Ca, мг/л	2.7	4.0

Примечание. 1 – [Озра Карелии..., 2013]; 2 – наши данные, 2018 г.

сообществ гидробионтов определяется их способностью ассимилировать органическое вещество, производимое в водоёме и приносимое извне, и преобразовывать его для потребления организмами более высоких трофических уровней. Значительную роль они играют и в процессах биологического самоочищения водоёмов [Андроникова, 1996].

С гидробиологической точки зрения, оз. Маслозеро является слабоизученным водоёмом. В 2019 г. в его фитопланктоне выявлено 32 таксона рангом ниже рода: Cyanobacteria – 3, Chrysophyta – 2, Bacillariophyta – 16, Cryptophyta – 1, Dynophyta – 4, Chlorophyta – 6. В литорали видовое разнообразие было выше (24) по сравнению с пелагиалью (17). Диатомовые водоросли преобладали как по численности, так и по биомассе. Из них доминировали *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*. Субдоминантами были динофитовые водоросли *Peridinium pusillum*, *Peridinium aciculiferum* и *Parvodinium goslaviense*.

Количественные показатели были относительно низкие в период отбора проб. Общая биомасса фитопланктона в литоральной зоне составляла 57 мкг/л и в пелагиале 70 мкг/л. Согласно существующим классификациям [Китаев, 2007], данные показатели соответствуют олиготрофному типу водоёмов. Кроме того, присутствие в планктоне значительного количества динофитовых (перидиниевых) водорослей может служить показателем чистоты воды. Поскольку передние в большинстве своём являются олигогалобами и чувствительны к загрязнению воды органическими веществами [Матвиенко, 1977].

Зоопланктон озера изучался в 1940-х гг., и список его видов, по данным С.В. Герда [1946], состоял из 10 ветвистоусых ракообразных (клароцера). В 2008 г. была проведена съёмка для изучения зоопланктона в его центральной глубоководной части. По полученным результатам, в составе планктонной фауны насчитывалось 26 таксонов, с преобладанием коловраток и клароцер. Средняя численность зоопланктона составляла 3.5 тыс. экз./м<sup>3</sup> и биомасса 0.12 г/м<sup>3</sup> [Куликова, 2010].

Общий список планктонных организмов, обнаруженных нами в летне-осенний период 2018 г., насчитывал уже 34 таксо-

на рангом ниже рода. Из них Rotifera – 10, Cladocera – 16, Copepoda – 8 (Calaniformes – 4 и Cyclopoiformes – 4).

Анализ видового состава показал, что преобладающее число встреченных коловраток и ракообразных относится к видам с широким географическим распространением, а также свойственным умеренным широтам. В зоогеографическом отношении наиболее распространены космополитные (44%) и голарктические виды (37%).

В Маслозере, как в сравнительно глубоком водоёме, можно выделить два комплекса планктонной фауны: холодноводный (гипо-металимнический) и умеренно-тепловодный (эпи-металимнический). Первый представлен крупной копеподой *Limnocalanus macrurus* и группой видов коловраток родов *Keratella* и *Kellicottia*. Стенотермный реликтовый рачок *L. macrurus* является характерным компонентом пелагиали и ультрапелагиали северных глубоководных водоёмов и индикатором олигосапробных условий. Умеренно-тепловодный комплекс значительно разнообразнее, представлен эвритермными видами и максимального развития достигает летом. Из представителей тепловодно-стенотермного комплекса единично отмечался вид *Diaphanosoma brachyurum*.

К числу преобладающих видов коловраток Rotifera (одной из наиболее чувствительных к эвтрофированию групп зоопланктона) относятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Conochilus unicornis*, которые принадлежат к космополитным видам и являются обычными представителями северного ротаторного планктонного комплекса, который характерен также и для субальпийских озёр Шведской Лапландии [Кутикова, 1977]. К видам-индикаторам водоёмов умеренной трофности из числа этой группы можно отнести виды родов *Polyarthra dolychoptera* и *Euchlanis dilatata*, однако заметной роли в формировании сообщества зоопланктона они не играют. Повсеместно, но в небольших количествах встречаются *Keratella cochlearis* и *Bipalpus hudsoni*.

Комплекс ракообразных представлен широко распространёнными в Карелии видами: *Daphnia cristata*, *Holopedium gibberum*,

*Bosmina coregoni*, *Eudiaptomus gracilis*], а также рядом эвритопных организмов (*Thermocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*). В литоральной зоне, которая в Маслозере выражена слабо, видовой состав обогащается представителями зарослевого комплекса – крупными кладоцерами *Polyphemus pediculus*, *Sida crystallina* и видами сем. Chydoridae. К придонным организмам, ведущим связанный с субстратом образ жизни, относятся ракообразные *Eurycercus lamellatus* и *Megacyclops viridis*, играющие заметную роль в питании молоди разных видов рыб.

Средние показатели обилия зоопланктона Маслозера по группам приведены в таблице 3. В летний период в зоопланктоне преобладали кладоцеры, на их долю приходится около половины общей биомассы (виды р. *Bosmina*, *H. gibberum*, *D. cristata*). По показателям обилия субдоминирующее положение занимают коловратки (53% по численности и 34% по биомассе), главным образом за счёт развития крупной *A. priodonta*. На долю калянид (*Eudiaptomus*, *Limnocalanus*, *Heterocope*) приходилось 11% по численности и 17% по биомассе, циклопид (*Thermocyclops*, *Mesocyclops*, *Cyclops strenuus*) – 5% и 2%, соответственно. Основная часть зоопланктона (до 80%) сосредоточена в эпилимнионе, на глубинах до 7–8 м.

Для осеннего сезона (сентябрь) характерно некоторое обеднение видового состава и начало полового размножения кладоцер. В первую очередь из планктона выпадают *Dyaphanosoma brachiurum*, *Leptodora kindtii*, *Polyphemus pediculus*. Общие показатели обилия зоопланктона закономерно снижались,

хотя и оставались достаточно высокими для водоёмов бореальной зоны за счёт взрослых и эфиппидальных самок кладоцер (*Holopedium*, *Daphnia*, *Bosmina*) и сохранения достаточно высокой численности крупных видов коловраток (*Asplanchna*) и веслоногих (*Eudiaptomus*, *Limnocalanus*). Возрастала доля кладоцер в общей численности и биомассе, снижался удельный вес коловраток.

В таблице 4 приводится ряд структурных показателей сообщества зоопланктона, которые используются в качестве индикаторов при проведении водных экологических исследований.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что основу биомассы в течение вегетационного периода создавали мирные фильтраторы, показатель  $B_{\text{мирн.}}/B_{\text{хищ.}}$  колебался в пределах 1.8–3.5, что свидетельствует о ненарушенном зоопланктонном сообществе в целом. Среди видов – индикаторов качества воды преобладали  $\alpha$ - и  $\beta$ -мезосапробы. По величине индекса сапробности Пантле – Бука, рассчитанного по количественному соотношению индикаторных видов зоопланктона, исследованный водоём можно отнести к олигосапробному типу (2-й класс качества по шкале Роскомгидромета, чистые природные воды). Индекс видового разнообразия Шеннона – Уивера достаточно высок и колебался в пределах 2.8 (июнь) – 2.6 (сентябрь), что соответствует олиго-мезотрофному типу [Андроникова, 1996].

При изучении пресноводных водоёмов очень удобным объектом является макрозообентос, который благодаря способности обитать в самых разных условиях, крупным размерам, приуроченности к конкретному ме-

Таблица 3. Количественные показатели зоопланктона оз. Маслозеро

Показатель	Численность, тыс. экз./м <sup>3</sup>		% от общей численности		Биомасса, г/м <sup>3</sup>		% от общей биомассы	
	июнь	сент.	июнь	сент.	июнь	сент.	июнь	сент.
Rotifera	19.7	12.34	53	45	0.63	0.14	34	17
Cladocera	11.7	11.26	31	41	0.862	0.62	47	75
Cyclopiformes	2.0	3.16	5	11	0.038	0.05	2	5
Calaniformes	4.1	0.82	11	3	0.306	0.02	17	3
Всего	37.5	27.58	100	100	1.836	0.83	100	100

Таблица 4. Структурные показатели зоопланктона оз. Маслозеро

Показатель	Июнь	Сентябрь
Общее число видов $S_{\text{общ}}$	37	28
Число видов в пробе $S_{\text{пр}}$	17.7±3.1	14.5±2.9
Индекс Шеннона – Уивера ( $H_N$ )	2.8±0.33	2.6±0.32
Индекс доминирования Бергера – Паркера $I_{B/P}$	0.22±0.04	0.21±0.03
Средняя численность (min–max), тыс.экз./м <sup>3</sup>	37.5 (10.1–58.7)	27.58 (11.4–59.5)
Средняя биомасса (min–max), г/м <sup>3</sup>	1.836 (0.578–4.215)	0.831 (0.264–2.632)
Индекс сапробности Пантле – Букка	1.41±0.22	1.43±0.14
Соотношение $V_{\text{мирн.}}/V_{\text{хищ.}}$	1.8±0.08	3.5±0.09
Доминирующий комплекс	<i>Bosmina</i> (2 вида), <i>D. cristata</i> , <i>E. gracilis</i>	<i>Bosmina</i> (2 вида), <i>Asplanchna</i> , <i>E. gracilis</i>
Типизация исследованного участка	α-мезотрофный олигосапробный	α-мезотрофный олигосапробный

стообитанию и достаточной продолжительности жизни позволяет им аккумулировать вещества, влияющие на водную экосистему [Баканов, 1997; Яковлев, 2006]. В преобладающем комплексе зообентоса отмечены Crustacea (*Pallasiola quadrispinosa* (Sars, 1867), *Monoporeia affinis* Lindstrom, 1855, *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863), Oligochaeta, Chironomidae (*Chironomus plumosus* Linnaeus, 1758, *Procladius* sp., *Corynocera ambigua* Zetterstedt, 1837, *Microtendipes pedellus* De Geer, 1776, Mollusca.

В летний период 2018 г. показатели численности и биомассы зообентоса озера изменялись от 180 экз./м<sup>2</sup> и 0.32 г/м<sup>2</sup> в зоне максимальных глубин и от 1000 экз./м<sup>2</sup> и 1.8 г/м<sup>2</sup> в прибрежных участках. Величина средней биомассы макрозообентоса в летний период составляла 1.74 г/м<sup>2</sup> при численности более 1000 экз./м<sup>2</sup> (табл. 5).

В осенний период в бентоценозах озера преобладали те же группы, что и летом. Доля Chironomidae по биомассе в пробе варьировала от 55 до 97%, по численности – от 50 до 87%. В литоральной зоне отмечено большее видовое разнообразие, что достигалось за счёт представителей ручейников (Trichoptera), подёнок (Ephemeroptera), мокрецов (Ceratopogonidae) и **вислокрылок** (Megaloptera).

Следует отметить присутствие в озере реликтовых ракообразных *Monoporeia affinis* Lindström, 1855 и *Pallasea quadrispinosa* Sars, 1867. Они очень чувствительны к снижению содержания растворённого в воде кислорода и к эвтрофированию в целом. В связи с этим было предложено использовать их в качестве индикаторов олиготрофии [Гордеев, 1963; Сушня и др., 1986].

В озере обитает 14 видов рыб: палия *Salvelinus lepechini*, ряпушка *Coregonus*

Таблица 5. Средняя численность и биомасса макрозообентоса Маслозера

Таксоны	N, экз/м <sup>2</sup>	N, %	B, г/м <sup>2</sup>	B, %	F, %
Chironomidae	260	22.22	0.43	24.71	66.6
Oligochaeta	240	20.52	0.15	8.62	50.0
Bivalvia	310	26.49	0.82	47.12	83.3
Nematoda	90	7.69	0.03	1.72	33.3
Amphipoda	270	23.08	0.31	17.83	33.3
Всего	1170	100	1.74	100	–

Примечание. N – средняя численность, N, % – относительная численность; B – средняя биомасса, B, % – относительная биомасса; F, % – встречаемость таксонов от общего числа проб.

*albula*, сиг *C. lavaretus*, хариус *Thymallus thymallus*, щука *Esox lucius*, плотва *Rutilus rutilus*, обыкновенный голяк *Phoxinus phoxinus*, налим *Lota lota*, ёрш *Gymnocephalus cernuus*, окунь *Perca fluviatilis*, подкаменщик *Cottus koshewnikowi*, четырёхрогий бычок (рогатка) *Myoxocephalus quadricornis*, девятииглая колюшка *Pungitius pungitius* и вселённая корюшка *Osmerus eperlanus*. К ценным видам относятся паляя, сиг и ряпушка. Наибольшая численность приходится на окуня, сига, щуку, плотву и вселённую корюшку. В Маслозеро в период с 1966 по 1970 г. из Ладожского оз. было выпущено 245 млн личинок корюшки.

Наблюдения, проводимые за распределением корюшки в Маслозере и других озёрах Карелии, показали, что её весенние концентрации связаны с размножением и обитанием в прибрежной зоне. Летние скопления обусловлены нагулом в центральных открытых частях озера. Нахождение её молоди в желудках взрослой корюшки можно объяснить их совместным местообитанием в этот период. Вновь к берегам корюшка подходит осенью, когда температура воды понижается до 10–12 °С [Стерлигова, 1979].

Корюшка относится к короткоцикловым рыбам. Продолжительность её жизни в Маслозере составляла 10+, в Ладожском озере – 9+ с преобладанием в обоих водоёмах особей 2+ – 5+ (90%) [Дятлов, 2002]. Предельный возраст, установленный для данного вида (оз. Пяозеро), – 12 лет [Мельянцев, 1954]. В Маслозере в уловах преобладала (до 90%) корюшка в возрасте 2+ – 3+.

Линейно-весовые показатели корюшки, вселённой из Ладожского оз. в разные озёра, представлены в таблице 6. Темп роста корюшки разных озёр практически идентичен росту её из материнского водоёма.

Созревает корюшка в массе в возрасте двух-трёх лет. Нерестится весной (конец апреля – май) на песчаных и каменистых грунтах при температуре воды 4–6 °С, преимущественно в ночное время. Инкубационный период длится 2–3 недели в зависимости от температуры воды [Гриб, 1947; Стерлигова, 1979; Иванова, 1982; Дятлов, 2002].

По типу питания корюшка Маслозера является одновременно и планктофагом, и хищником, как и в других водоёмах Карелии [Архипцева, 1975; Бушман, 1982; Стерлигова и др., 2016]. Первые этапы жизненного цикла корюшки обеспечиваются за счёт питания желтком, но в относительно небольшой промежуток времени. Затем она переходит на потребление внешнего корма. В Маслозере у выловленной (июнь) корюшки длиной 7.0 мм, массой 0.9 мг основу питания (до 75%) составляли науплии *Cyclopoidea*, *Mesocyclops leuckarti*. У более крупной (длина 7.5 см, масса 1.5 г) в питании отмечены *Daphnia* (37%), *E. gracilis* (28%), *B. coregoni* (25%) и молодёжь циклопов. Ближе к осени в питании появляются крупные планктонные организмы *L. kindtii*, *E. gracilis*, то есть по мере роста корюшки изменяется состав пищи: мелкие рачки заменяются на более крупные. Корюшка, как правило, переходит на хищное питание на третьем году жизни (2+) при достижении

Таблица 6. Линейно-весовые показатели корюшки, вселённой из Ладожского озера, в разных озёрах Карелии

Водоём	Возраст, лет										Всего, рыб
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	
Ладожское <sup>1</sup>	<u>8.0</u> 3	<u>10.2</u> 6	<u>11.2</u> 9	<u>12.8</u> 14	<u>14.8</u> 21	<u>16.1</u> 29	<u>18.1</u> 41	<u>19.5</u> 50	<u>20.0</u> 60	–	650
Маслозеро <sup>2</sup>	<u>8.0</u> 4	<u>10.4</u> 7	<u>12.0</u> 11	<u>13.6</u> 16	<u>15.0</u> 23	<u>16.5</u> 31	<u>17.2</u> 37	–	–	<u>20.6</u> 53	250
Выгозеро <sup>2</sup>	<u>8.0</u> 5	<u>10.0</u> 7	<u>12.0</u> 12	<u>13.0</u> 15	<u>14.0</u> 19	<u>15.1</u> 23	–	–	–	–	670
Сегозеро <sup>3</sup>	–	<u>10.0</u> 6	<u>12.0</u> 11	<u>14.0</u> 19	–	<u>15.5</u> 28.0	–	<u>18.6</u> 46.0	<u>19.5</u> 57.0	–	195

Примечание. 1 – [Дятлов, 2002]; 2 – наши данные, 3 – [Гуляева, 1967]. В числителе – длина (АС) в см, в знаменателе – масса в г.



длины 12 см (до 20%), в возрасте 4+ – 5+ – уже 80% пищи составляют рыбы. Главными объектами её хищного питания являются икра, молодь разных видов рыб и собственная молодь, благодаря высокой численности. В других водоёмах рыба также является одним из постоянных компонентов её питания [Смирнова-Стефановская, 1961; Иванова, 1982; Дятлов, 2002].

Сама корюшка в Маслозере доминировала в питании хищных рыб. Так в желудках окуня (83 экз.) и налима (27 экз.) она составляла по массе 75%, у щуки (35 экз.) – 55%. Помимо корюшки в желудках были обнаружены ряпушка, окунь, ёрш и плотва. В литературных источниках отсутствуют данные по питанию хищных рыб в этом озере, можно только предположить, что, вероятно, ранее они потребляли ряпушку. Работами ряда авторов показано, что хищники легко переключаются на другой более многочисленный и доступный корм [Балагурова, 1967; Попова 1982; Стерлигова и др. 2016].

Согласно О.А. Поповой [1979], «для любого вида вселенца необходимы соответствующие гидрологические, гидрохимические и гидробиологические условия, и если они не подходят, то результат получается отрицательный». Анализ полученных результатов по интродукции корюшки в Маслозеро показал, что все условия для её обитания, включая большие площади для нагула, богатую кормовую базу (планктон более 1.3 г/м<sup>3</sup>), благоприятные условия для нереста оказались благоприятными, и поэтому в водоёме она прижилась и образовала высокую численность.

### **Заключение**

Таким образом, анализ полученных результатов показал, что Маслозеро по гидрохимическим показателям (содержание кислорода, биогенных элементов и пр.), соответствует олиготрофному типу. По уровню развития зоопланктона и макрозообентоса его можно отнести к олиго-мезотрофному типу. Преднамеренная интродукция корюшки из Ладожского оз. в Маслозеро, с целью улучшения кормовой базы хищных рыб (щука, налим и окунь),

прошла успешно. Корюшка в водоёме натурализовалась, сформировала промысловую численность и стала доминантным видом в питании хищных рыб как более доступный (имеет прогонистое тело) и многочисленный объект питания на протяжении всего года. Темп роста вселённой корюшки практически идентичен росту её из материнского водоёма – Ладожского оз. По своему рыбохозяйственному статусу водоём относится к высшей категории, так как в нём обитают ценные виды рыб – палия, сиг и ряпушка. В хозяйственном отношении озеро используется для нужд местного населения, рекреации, любительского рыболовства и рыбоводства.

### **Финансирование работы**

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания № 0218-2019-0081, программы Президиума РАН проект 0222-2018-0002, проекта РФФИ № 18-04- 00163.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### **Соблюдение этических стандартов**

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

### **Литература**

- Абакумов В.А. Контроль качества вод по гидрологическим показателям // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 93–99.
- Александрова Т.Н. Биологическая характеристика нерестового стада корюшки в Онежском озере // Проблемы использования природных ресурсов Белого моря и внутренних водоёмов Карелии. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1963. С. 34–38.
- Алимов А.Ф., Богуцкая Н.Г., Орлова М.И. и др. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. 436 с.
- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озёрных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Архипцева Н.Т. Особенности размножения корюшки Ладожского озера // Рыбное хозяйство. 1975. № 16. С. 20–23.

- Баканов А.И. Использование характеристик разнообразия зообентоса для мониторинга состояния пресноводных экосистем // Мониторинг биоразнообразия. М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН, 1997. С. 278–283.
- Балагурова М.В. Материалы по питанию щуки // Изв. ГосНИОРХ. 1967. Т. 62. С. 195–205.
- Балушкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озёрных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. СПб.: ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 468 с.
- Бушман Л.Г. Изменения в структуре и продукции зоопланктона // Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука, 1982. С. 34–62.
- Виллер А. Определитель рыб морских и пресных вод Северо-Европейского региона. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1983. 432 с.
- Герд С.В. Обзор гидробиологических исследований озёр Карелии // Тр. Карело-Фин. отд. ВНИОРХ. Петрозаводск: Гос. Изд-во Карело-Фин. ССР, 1946. Т. 1. С. 26–140.
- Герд С.В. Некоторые зоогеографические проблемы изучения рыб Карелии // Природные ресурсы, история и культура Карело-Финской ССР. Петрозаводск: Гос. изд-во Карело-Фин. ССР, 1949. Вып. 2. С. 100–115.
- Гордеев О.Н. Условия обитания реликтовых ракообразных в озёрах Онежского ареала // Рыбное хозяйство внутренних водоёмов ЛатССР. Рига, 1963. Т. 7. С. 129–141.
- Гриб А.В. Постэмбриональное развитие корюшки и некоторых корюшковых рыб // Тр. Ленингр. общества естествоиспытателей. 1947. Т. 19, вып. 4. С. 31–49.
- Гуляева А.М. О корюшке Выгозерского водохранилища // Изв. НИИ озёр. и реч. рыб. хоз-ва. 1967. Т. 62. С. 164–169.
- Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов // Сб. мат-лов круглого стола науч. конф. «Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов». М.: Изд-во ИПЭЭ, 2002. С. 11–14.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Павлов Д.С. Вчера, сегодня и завтра инвазийных чужеродных видов в Российской Федерации // Сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ». СПб.; М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. Вып. 337. С. 71–82.
- Дятлов М.А. Рыбы Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 281с.
- Жадин В.И. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 279–382.
- Иванова М.Н. Популяционная изменчивость пресноводных корюшек. Рыбинск: ЯГУ, 1982. 144 с.
- Киселёв И.А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 213–215.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Клюканов В.А. Происхождение, расселение и эволюция корюшковых (Osmeridae) // Сб. науч. тр. «Основы классификации и филогении лососевых рыб». Л.: ЗИН АН СССР, 1977. С. 13–27.
- Кудерский Л.А., Сонин В.П. Обогащение ихтиофауны внутренних водоёмов Карелии // Тр. НИИ озёр. и реч. рыбн. хоз-ва, 1968. Т. 5, вып. 1. С. 310–314.
- Куликова Т.П. Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 325 с.
- Кутикова Л.А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 510 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Наука, 1974. 59 с.
- Матвиенко А. М. Отдел пиррофитовые водоросли (Pyrrophyta) // Жизнь растений. Т. 3. Водоросли. Лишайники / Под ред. М.М. Голлербаха. М.: Просвещение, 1977. С. 93–100.
- Мельянцева В.Г. Рыбоводство в Карело-Финской ССР // Матер. сов. по проблемам повышения рыбной продуктивности внутренних водоёмов КФССР. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1954. С. 101–114.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 19 с.
- Милюс А., Линдпере А.В., Старост Х.А. и др. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озёр // Водные ресурсы, 1987. № 3. С. 50–59.
- Морозов А.К. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 122.
- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие. М.: Мир, 1992. 184 с.
- Мяэметс А.Х. Качественный состав пелагического зоопланктона как показатель трофности озера // Тез. докл. XX междунар. науч. конф. «Изучение и освоение водоёмов Прибалтики и Белоруссии». Рига: РГУ, 1979. Т. 1. С. 12–15.
- Озёра Карелии: Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М.: Наука, 2010. Т. 1. 495 с.
- Осипова В.К. Материалы по биологии корюшки Сямозера // Тез. док. отчёт. сессии Север. НИИ озёр. и реч. рыб. хозяйства. Петрозаводск, 1972. С. 84–85.
- Попова О.А. Роль хищных рыб в экосистемах // Сб.: Изменчивость рыб в пресноводных экосистемах. М.: МГУ, 1979. С. 106–145.
- Попова О.А. Питание хищных рыб Сямозера после вселения корюшки // Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука, 1982. С. 138–141.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.

- Решетников Ю.С., Попова О.А., Стерлигова О.П. и др. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука, 1982. 248 с.
- Смирнов А.Ф. Рыбы оз. Имандра // Рыбы озёр Кольского полуострова. Петрозаводск: ПетрГУ, 1977. С. 56–76.
- Смирнов Н.Н. Macrothricidae и Moinidae фауны мира // Фауна СССР. Ракообразные. Л.: Наука, 1976. Т. 1, вып. 3. 236 с.
- Смирнова-Стефановская А.Ф. О результатах акклиматизации ладожской корюшки в Сегозерском водохранилище // Научно-тех. бюлл. ГосНИОРХ. 1961. № 13. С. 11–12.
- Стерлигова О.П. Корюшка *Osmerus eperlanus* и её роль в ихтиоценозе Сямозера // Вопр. ихтиологии. 1979. Т. 19, вып. 5. С. 792–800.
- Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В. Виды вселенцы в водных экосистемах Карелии // Вопр. ихтиологии. 2009. Т. 49. № 3. С. 372–379.
- Стерлигова О.П., Ильмаст Н.В. Состояние популяций корюшки *Osmerus eperlanus* Выгозера и Сямозера, сформировавшихся в результате саморасселения // Вопр. ихтиологии. 2012. Т. 52. № 2. С. 1–7.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н.В., Савосин Д.С. Круглоротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.
- Сушняя Л.М., Семенченко В.П., Вежновец В.В. Биология и продукция реликтовых ракообразных. Минск: БГУ, 1986. 160 с.
- Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. М.: МГУ, 1977. 176 с.
- Усачёв П.И. Количественная методика сбора и обработки фитопланктона // Тр. Всесоюз. гидробиол. общества. 1961. Т. 11. С. 411–415.
- Хазов А.Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 154 с.
- Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озёра. Л.: Наука, 1990. 279 с.
- Яковлев В.А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2006. Ч. 1. 161 с.; Ч. 2. 145 с.
- Dgebuadze Yu. Yu. Invasions of alien species in Holarctic: some results and perspective of investigations // Russ. J. Biol. Invasions. 2014. Vol. 5. No. 2. P. 61–64.
- Hakkari L. Zooplankton species as indicators of environment // Aqua Fennica. Helsinki. 1972. P. 46–54.
- Kriksunov E.A., Bobyrev A.E., Burmenskii V.A. Resource availability and its role in development of invasion processes // Biol. Bull. Rev. 2011. Vol. 1. No. 1. P. 57–70.
- Nellbring S. The Ecology of Smelts (Genus *Osmerus*) // Nordic J. Freshw. Res. 1989. Vol. 65. P. 116–145.
- Radwan S., Bielanska-Grajner I., Ejsmont-Karabin J. Wrotki (*Rotifera*) / Red. S. Radwan. Lodz: Oficyna Wydawnicza Tercja. 2004. 447 p.
- Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Stuttgart, 1977. Hefft 8. P. 71–76.
- Segers H. The nomenclature of the Rotifera: annotated checklist of valid family and genus – group names // Journal of Natural History. 2002. No. 36 (6). P. 631–640.
- Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.
- Shustov Yu.A., Systra Y.J., Kuusela K. et al. Koutaniemi L. Ichthyofauna in small lakes of the Paanajarvi national park // Oulanka reports. 2000. Vol. 23. P. 121–125.
- Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. F. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. 1973. Bd. 7. 218 s.

# MASLOZERO LAKE ECOSYSTEM AND THE RESULTS OF THE RELEASE OF THE SMELT *OSMERUS EPERLANUS* INTO THE LAKE

© 2021 Ilmast N.V.<sup>a, \*</sup>, Sterligova O.P.<sup>a</sup>, Kuchko Ya.A.<sup>a</sup>, Sharov A.N.<sup>b</sup>, Savosin E.S.<sup>a</sup>, Savosin D.S.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Institute of Biology, Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk 185910, Russia;

<sup>b</sup> St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg 197110, Russia;  
e-mail: \* [ilmast@mail.ru](mailto:ilmast@mail.ru)

The results of the study of the Maslozero Lake ecosystem (the White Sea basin) are reported. The lake is small, deep and poorly lotic. Its hydrochemical and hydrobiological indices were studied. The quantitative and structural indices of the state of the lake's zooplankton and macrozoobenthos are presented for the first time. The lake is an oligo-mesotrophic water body type, as indicated by the nutrient content scale. The lake is inhabited by 14 fish species of 11 families. The perch *Perca fluviatilis*, the whitefish *Coregonus lavaretus*, the pike *Esox lucius*, the roach *Rutilus rutilus* and the introduced smelt *Osmerus eperlanus* are most abundant. The introduction of the smelt into Maslozero Lake is appraised. The smelt in the lake has naturalized, is successfully reproducing and has become abundant. Its growth rate is identical to that of the smelt from its parental water body – Ladoga Lake. The food ration of predatory fish (pike, burbot, perch and char) is dominated by smelt as the most abundant and accessible food item available all year round. The lake is used by the local population for economic purposes, recreation, amateur fishing and fish culture.

**Keywords:** Maslozero, limnologic indices, community of aquatic organisms, smelt, introduction, naturalization.