

УДК 597.552.3:591

ЭКОСИСТЕМА СЛАБОИЗУЧЕННОГО ОЗ. ТИКШОЗЕРА (ЗАПАДНАЯ КАРЕЛИЯ)

О. П. Стерлигова, Я. А. Кучко, Е. С. Савосин, Н. В. Ильмаст

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Впервые приведены результаты исследований экосистемы оз. Тикшозера. Проанализированы гидрологические, гидрохимические и гидробиологические показатели. Водоем имеет ледниковое происхождение и принадлежит к бассейну Белого моря. Водосборная площадь заселена слабо, нет крупных промышленных предприятий. Анализ химического состава водных масс показал, что воды озера относятся к гидрокарбонатному классу, к группе кальция, имеют низкую минерализацию (27 мг/л) и высокую цветность (103–115°). Активная реакция воды близка к нейтральной, pH 6,0–6,4, перманганатная окисляемость варьировала от 11,8 до 13,0 мгО₂/л, значение БПК₅ составляло 1,8 мг/л. По содержанию минерального азота с преобладанием аммонийного и нитратного водоем можно отнести к мезотрофному типу. По уровню количественного развития зоопланктона пелагиаль озера соответствует олиготрофному типу с биомассой до 1,0 г/м³ (низкий класс), литоральная зона – к переходному α-мезотрофному – β-мезотрофному типу с биомассой около 2,0 г/м³ (умеренный – средний класс). По уровню развития бентосной фауны с доминированием среди хирономид представителей п/с Chironominae озеро соответствует α-мезотрофным водоемам. Хирономидный индекс (K) 1,76 указывает, что озеро ближе к умеренно загрязненным водным объектам. В озере выловлено 7 видов рыб, и по своему рыбохозяйственному статусу оно относится к высшей категории, с обитанием в нем ценных видов (сиг и ряпушка). Полученные результаты будут учитываться при составлении базы данных по пресноводным экосистемам Карелии, которая послужит основой для мониторинга в условиях усиленного антропогенного воздействия.

Ключевые слова: пресноводная экосистема; биологическое разнообразие; зоопланктон; зообентос; рыбное население.

O. P. Sterligova, Ya. A. Kuchko, E. S. Savosin, N. V. Ilmast. ECOSYSTEM OF THE POORLY STUDIED LAKE TIKSHOZERO, WESTERN KARELIA

The results of a study of Lake Tikshozero ecosystem are reported for the first time. Its hydrological, hydrochemical and hydrobiological characteristics were analyzed. The lake is of glacial genesis and belongs to the White Sea drainage basin. Human population in the catchment area is minor, and there are no large-scale industries. Analysis of the chemical composition of water samples has shown that the water belongs to the calcium group of the hydrocarbonate class, is poorly mineralized (27 mg/l), and has a colour index of 103–115°. The water has a near-neutral active reaction, its pH is 6.0–6.4, the permanganate index varies from 11.8 to 13.0 mgO₂/l, and BOD₅ is 1.8 mg/l. The lake is classified as mesotrophic, based on the mineral nitrogen concentration dominated by ammonium and nitrate nitrogen. The quantities of zooplankton indicate that the pelagic zone of the lake is of the oligotrophic type with biomass up to 1.0 g/m³ (low class), and the littoral zone is

of the transitional α -mesotrophic – β -mesotrophic type with biomass ca. 2.0 g/m³ (moderate – medium class). The development level of the benthic fauna, in which chironomids are dominated by the subfamily Chironominae, shows that Tikshozero is an α – mesotrophic lake. Judging by the chironomid index “K” of 1.76, the lake is mildly polluted. Seven fish species have been captured from the lake. Tikshozero is inhabited by valuable fish species (whitefish and vendace) and has the highest industrial-fishing status. The results of the study will be taken into account when developing the database of Karelia’s freshwater ecosystems, which will provide a background for monitoring the environments strongly affected by human activities.

Key words: freshwater ecosystem; biological diversity; zooplankton; zoobenthos; fish population.

Введение

Проблема биологического разнообразия является одной из наиболее важных. Благодаря разнообразию создается структурная и функциональная организация экологических систем, обеспечивающая их стабильность во времени и устойчивость к изменениям внешней среды при разных формах антропогенного воздействия [Решетников и др., 1982; Мэггаран, 1992; Алимов, 2001; Биологические..., 2004; Дгебуадзе, Павлов, 2007 и др.]. Важную роль в сохранении разнообразия гидробионтов в пресноводных экосистемах играют слабоизученные водные экосистемы. К такой системе можно отнести оз. Тикшозеро Муезерского района западной части Республики Карелия. Населенные пункты по берегам озера отсутствуют. Ближайший поселок Ледозеро находится в 25 км от озера, пос. Тикша – в 40 км. Исследуемый водоем на протяжении длительного времени находится практически в естественном состоянии, что в настоящее время для региона очень редко. В таких экосистемах еще сохранилось естественное разнообразие, и они являются основой для оценки состояния водных экосистем в условиях усиленного факторного воздействия.

Цель исследований – изучить состояние экосистемы оз. Тикшозера, включая гидрологические, гидрохимические, гидробиологические (зоопланктон, зообентос, рыбное население) показатели и определить его рыбохозяйственное значение.

Материалы и методы

Исследования проводились в летний период 2020 г. на оз. Тикшозере, расположенном в западной части Республики Карелия. Все данные по состоянию экосистемы озера приводятся впервые. При сборе материала учитывали основные биотопы водоема – на литорали с глу-

бинами до 2 м (3 станции) и в пелагиали с глубинами более 2 м (6 станций).

Химический состав воды определяли по стандартным методикам [Абакумов, 1977; Морозов, 1998].

Для отбора проб зоопланктона применяли планктобаторметр Руттнера объемом 2 л, при этом облавливались все слои воды (поверхность – дно) с интервалом в 1 м с трехкратной повторностью. Зоопланктон оценивали по видовому составу, численности (N), биомассе (B), индексу видового разнообразия Шеннона (H_N) [Мэггаран, 1992]. Расчет степени органического загрязнения воды проводился с использованием выявленных в зоопланктоне индикаторных организмов по методу Пантле – Букк в модификации Сладечека с учетом рекомендаций по определению сапробности по зоопланктону для водоемов Карелии [Sládeček, 1973; Макрушин, 1974; Куликова, 1983]. Трофический статус водоема оценивался по «шкале трофности» [Мяэметс, 1979; Китаев, 2007]. В фауне мезозоопланктона для оценки значимости отдельных видов и таксонов более высокого ранга применен показатель частоты встречаемости как отношение количества станций, на которых отмечен таксон, к общему количеству станций. При характеристике частоты встречаемости принята следующая шкала: константные таксоны – частота встречаемости более 50 %, второстепенные – 25–50 %, случайные – менее 25 % [Баканов, 2000]. При определении организмов использовали ряд руководств [Кутикова, 1977; Определитель..., 2010].

Для сбора количественных проб макрозообентоса использовали дночерпатель ДАК-250 (модификация Экмана – Берджа с площадью захвата 1/40 м²) с последующей промывкой грунта через сито № 19 (ячейка 0,5 мм) и фиксацией 8%-м раствором формальдегида. На каждой станции брали по 1–2 дночерпателя. Камеральную обработку проб проводили в лабораторных условиях по общепринятой методике [Жадин, 1956; Баканов, 2000]. Беспозвоночных

взвешивали с точностью 0,1 мг на торсионных весах. Идентификация организмов макрозообентоса проводилась по определителям [Нарчук, 1999; Определитель..., 2016]. Результаты количественных проб макрозообентоса проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидробиологических данных [Хазов, 2000].

Для оценки степени загрязнения вод оз. Тикшозера использовали хирономидный индекс (K), предложенный Е. В. Балускиной [1997]:

$$K = \frac{\alpha_t + 0.5\alpha_{ch}}{\alpha_o},$$

где α_{ch} – α Chironominae, α_o – α Ortocladiinae и Diamesinae, α_t – α Tanipodinae.

$\alpha = N + 10$, где N – относительная численность особей всех видов данного подсемейства в процентах от общей численности особей всех хирономид.

Сбор икhtiологического материала осуществляли однотипным набором сетей (ячея от 14 до 50 мм) на разных участках и различных глубинах водоема. Латинские названия рыб приведены по книге «Рыбы заповедников России» [2010].

Математическая обработка материала выполнена при помощи программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Оз. Тикшозеро (64°07' с. ш. 31°46' в. д.) принадлежит к бассейну Белого моря и представляет собой узкий водоем, вытянутый с северо-запада на юго-восток (рис. 1). Площадь водного зеркала составляет 20,6 км², наибольшая длина – 10,6 км, ширина – 2,6 км, и оно относится к малым водоемам [Китаев, 2007]. Водоем проточный, в него впадают реки Кайдодеги, Шильва и другие, вытекает р. Тикшозерка. Показатель условного водообмена равен 0,7, т. е. водные массы озера заменяются водой с водообора один раз в 1,5 года (табл. 1).

По химическому составу воды озера относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, имеют низкую минерализацию (27 мг/л) и высокую цветность – 110° (103–115°). Величина pH варьировала в пределах 5,9–6,4, перманганатная окисляемость воды колебалась от 11,8 до 13,0 мгО₂/л, значение БПК₅ – 1,8 мг/л. По содержанию минерального азота преобладали аммонийный и нитратный, что характерно для мезотрофных водоемов [Китаев, 2007].

Из наиболее многочисленных групп гидробионтов важное экологическое и хозяйственное значение принадлежит сообществу зоопланктона и зообентоса. Динамика таксо-

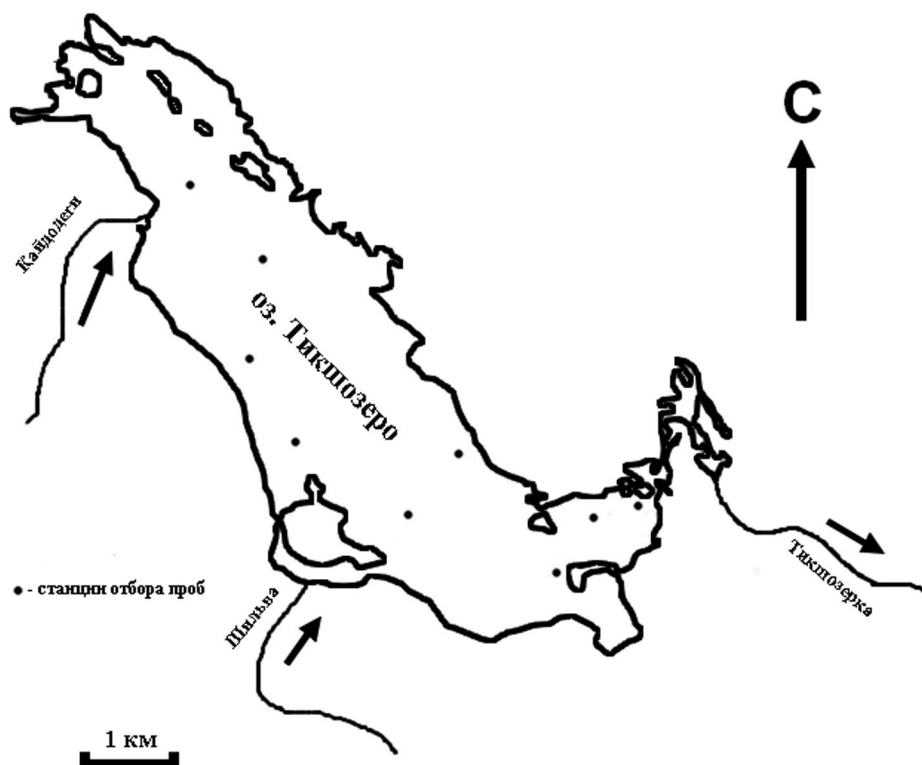


Рис. 1. Карта-схема оз. Тикшозеро

Fig. 1. Schematic map of Lake Tikshozero

Таблица 1. Основные гидрологические показатели оз. Тикшозеро*

Table 1. Main hydrological indices of Lake Tikshozero*

Показатель Index	Величина Value
Высота над уровнем моря, м Altitude above sea level, m	151
Площадь водосбора, км ² Drainage area, km ²	322
Площадь озера, км ² Lake area, km ²	20,6
Наибольшая длина озера, км Maximum length of the lake, km	10,6
Наибольшая ширина, км Maximum width of the lake, km	2,6
Средняя глубина, м Average depth, m	6,0
Максимальная глубина, м Maximum depth, m	13,0
Прозрачность, м Transparency, m	2,0
Условный водообмен, период, год Conditional water exchange, period, year	0,7/1,5

Примечание. * По: [Григорьев, Грицевская, 1959] и нашим данным.

Note. *After: [Grigoriev, Gritsevskaya, 1959] and our data.

номической структуры и количественных показателей, как выраженный отклик на изменение условий обитания, служит важным показателем качества воды и процессов эвтрофирования. Видовой состав и разнообразие биоценозов, соотношение основных таксономических групп, структура доминирующих видов широко используются для биоиндикации и мониторинга водных экосистем [Хендерсон-Селлерс, Марклэнд, 1990; Андроникова, 1996; Баканов, 2000].

Зоопланктон. Короткий жизненный цикл беспозвоночных зоопланктона позволяет даже при проведении ограниченных во времени наблюдений не только определить современное состояние водоемов, но и оценить возможные изменения [Gliwicz, 2003]. В рамках данного исследования в озере отмечено 36 видов планктонных ракообразных и коловраток, из них коловраток Rotifera – 9, ветвистоусых ракообразных Cladocera – 19 и веслоногих ракообразных Copepoda – 8 (табл. 2).

Анализ видового состава показал, что преобладающее число встреченных коловраток и ракообразных относится к видам с широким географическим распространением и характерным для умеренных широт. В зоогеографическом отношении наиболее распространены космополитные (41 %) и голарктические (32 %) виды. К числу доминирующих видов коловраток Rotifera (одной из наиболее чувствительных к эвтрофированию групп зоопланктона) отно-

сятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Conochilus unicornis*, которые являются типичными представителями северного ротаторного планктонного комплекса, свойственного водоемам Карело-Кольского региона. К видам – индикаторам повышенной трофности из числа этой группы можно отнести *Polyarthra luminosa*.

Видовое разнообразие зоопланктона достигается главным образом за счет ветвистоусых ракообразных, что характерно для больших озер Карелии. Основными формами летнего зоопланктона пелагиали являются эвритопные виды – *Daphnia cristata*, *Mesocyclops leuckarti*, *Limnospira frontosa*, *Chydorus sphaericus*, а также комплекс видов рода *Bosmina*: *B. coregoni*, *B. longirostris*, *B. kessleri*. Наличие высшей водной растительности (погруженные и плавающие макрофиты) способствует интенсивному развитию зарослевого литорального комплекса, который за счет выноса ветровыми и волновыми течениями обогащает зону пелагиали. Часто это организмы, нуждающиеся в субстрате для периодического прикрепления: *Sida crystallina*, *Scapholeberis mucronata*, *Ceriodaphnia quadrangula*, а также ряд представителей семейства Chydoridae и хищные циклопы *Macrocyclus albidus*, *Megacyclus viridis*. Соотношение и количественные показатели групп зоопланктона озера приводятся на рис. 2, 3 и в табл. 3.

Основу биомассы зоопланктона в пелагиали создают ветвистоусые ракообразные Cladocera – 54,7 %, главным образом представители

Таблица 2. Видовой состав и встречаемость видов зоопланктона оз. Тикшозеро

Table 2. Species composition and occurrence of zooplankton in Lake Tikshozero

Таксон Taxon	Литораль Littoral	Пелагиаль Pelagial
Rotifera		
Отряд / Order Saepthiramida		
<i>S. pectinata</i> Ehrenberg	++	–
<i>Polyarthra luminosa</i> Kutikova	++	–
<i>P. dolychoptera</i> Idelson	–	+
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	++	++
Отряд / Order Saltiramida		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	++	++
Отряд / Order Transversiramida		
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	++	–
<i>Keratella cochlearis</i>	–	+
<i>Kellicottia longispina</i>	+	+++
Отряд / Order Protoramida		
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet	+	++
Crustacea		
Отряд / Order Calaniformes		
<i>Heterocope appendiculata</i> (Sars)	–	++
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars)	+	++
Отряд / Order Cyclopiformes		
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)	+	–
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine)	*	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars)	+++	+++
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+++	+++
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	*	–
<i>Cyclops strenuous strenuous</i> Fisher	++	++
Класс Branchiopoda		
Надотряд Cladocera		
Отряд / Order Stenopoda		
<i>Syda crystallina</i> (O. F. Muller, 1776)	+++	–
<i>Limnospida frontosa</i> Sars, 1862	–	++
Отряд / Order Anomopoda		
<i>Daphnia cristata</i> Sars	+	+++
<i>D. longispina</i> (O. F. Muller)	–	++
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Muller)	+++	++
<i>Ophryoxus gracilis</i> Sars	+	–
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Muller)	+	–
<i>Acroperus harpae</i> (Baird)	+	–
<i>Alonopsis elongates</i> (Sars)	+	–
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O. F. Muller)	*	*
<i>Pleuroxus truncatus</i> (O. F. Muller)	*	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller)	+	+
<i>Eurycercus lamellatus</i> (O. F. Muller)	*	–
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O. F. Muller)	+++	+++

Окончание табл. 2
Table 2 (continued)

Таксон Taxon	Литораль Littoral	Пелагиаль Pelagial
<i>B. (Eubosmina) coregoni</i> Baird	+	+++
<i>B. (Eubosmina) cf. kessleri</i> Uljanin	-	+
Отряд / Order Harporoda		
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke)	-	+
Отряд / Order Onychopoda		
<i>Bythotrephes brevis</i> Leydig	-	+
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linne)	+	-
Суммарное число видов	28	22

Примечание. (+++) – вид широко распространен (> 50 % проб); (++) – вид обычен (25–50 % проб); (+) – вид редок (< 25 % проб); (*) – единичные находки.

Note. (+++) – the species is widespread (> 50 % of samples); (++) – common species (25–50 % of samples); (+) – rare species (< 25 % of samples); (*) – single finds.

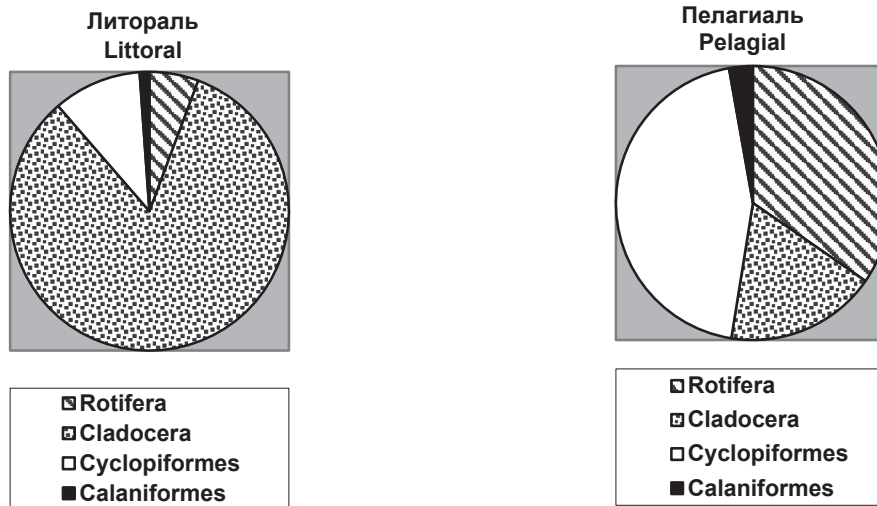


Рис. 2. Соотношение групп зоопланктона оз. Тикшозеро по численности, тыс. экз./м³
Fig. 2. The ratio of zooplankton groups in Lake Tikshozero by abundance, thousand ind./m³

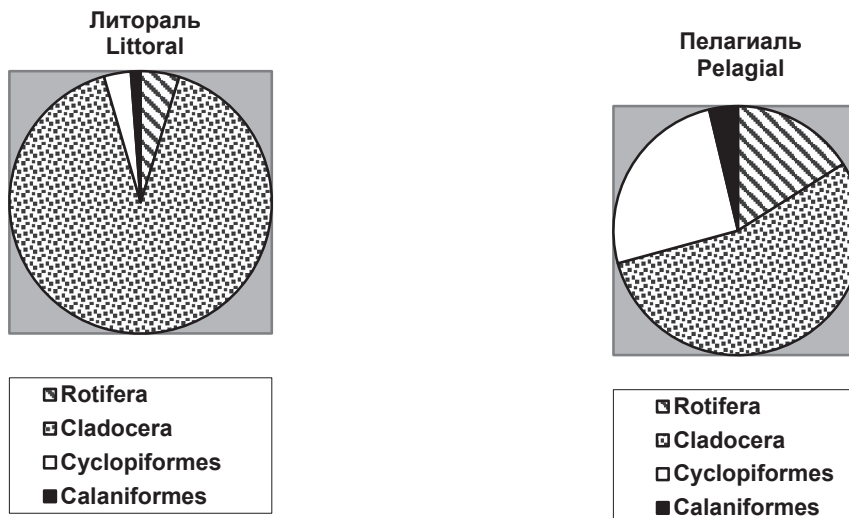


Рис. 3. Соотношение групп зоопланктона оз. Тикшозеро по биомассе, г/м³
Fig. 3. The ratio of zooplankton groups in Lake Tikshozero by biomass, g/m³

Таблица 3. Количественные показатели зоопланктона оз. Тикшозеро

Table 3. Quantitative indicators of the zooplankton of Lake Tikshozero

Таксон Taxon	Численность, тыс. экз./м ³ Abundance, thousand ind./m ³		% от общей численности % of the total abundance		Биомасса, г/м ³ Biomass, g/m ³		% от общей биомассы % of the total biomass	
	Л L	П P	Л L	П P	Л L	П P	Л L	П P
Rotifera	3,0	6,2	5,7	34,6	0,095	0,086	4,7	16,0
Cladocera	43,7	3,2	82,9	17,9	1,819	0,294	90,7	54,7
Cyclopiformes	5,4	8,0	10,3	44,7	0,066	0,137	3,3	25,5
Calaniformes	0,6	0,5	1,1	2,8	0,020	0,020	1,3	3,8
Всего Total	52,7	17,9	100	100	2,000	0,537	100	100

Примечание. Л – литораль; П – пелагиаль.

Note. L – littoral; P – pelagial.

Таблица 4. Структурные показатели зоопланктона оз. Тикшозеро

Table 4. Structural indicators of zooplankton in Lake Tikshozero

Показатель Indicator	Литораль Littoral	Пелагиаль Pelagial
Общее число видов The total number of species	27	22
Число видов в пробе The number of species in the sample	13,5 ± 2,9	11,8 ± 1,3
Индекс Шеннона Shannon Index	1,65 ± 0,33	1,98 ± 0,35
Средняя численность (min – max), тыс. экз./м ³ Average abundance (min – max), thousand ind./m ³	52,7 (7,05–126,75)	17,9 (11,41–27,50)
Средняя биомасса (min – max), г/м ³ Average biomass (min – max), g/m ³	2,00 (0,292–4,882)	0,54 (0,162–0,972)
Индекс сапробности Пантле – Букк Pantle – Buck saprobity index	1,80 ± 0,22	1,70 ± 0,14
Доминирующий комплекс Dominant complex	<i>B. longirostris</i> <i>S. crystallina</i> <i>P. pediculus</i> <i>C. quadrangula</i>	<i>D. cristata</i> <i>B. coregoni</i> <i>M. leuckarti</i> <i>M. oithonoides</i>
Типизация водоема Reservoir typification	β-мезотрофный – α-эвтрофный β-мезосапробный β-mesotrophic – α-eutrophic β-mesosaprobic	β-олиготрофный β-мезосапробный β-oligotrophic β-mesosaprobic

родов *Bosmina* и *Daphnia*. Субдоминирующее положение занимают циклопиды (*Mesocyclops*) и коловратки (*Asplanchna*) – 25,5 и 16,0 % соответственно. Каляниды (*Eudiaptomus gracilis*, *Heteroscope appendiculata*) играют незначительную роль в образовании биомассы зоопланктона, их средний удельный вес составляет 3,8 %. В литоральной зоне на глубинах до 2 м количественные показатели зоопланктона выше, чем в открытом озере, в 3,7 раза за счет массового развития крупных фитофильных видов (*Ceriodaphnia quadrangula*, *Sida crystallina*, *Polyphemus pediculus*). Доля ветвистоусых ракообразных в общей биомассе возрастает до 90,7 %, в среднем составляя 2,0 г/м³.

Ряд структурных показателей сообщества зоопланктона, используемых в качестве индикаторов, приведен в табл. 4.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что литоральная зона Тикшозера характеризуется более высоким трофическим статусом по сравнению с пелагиалью. Массовое развитие кладоцер-фильтраторов в литорали указывает на повышенное поступление в водоем аллохтонного органического вещества, что приводит к укреплению трофической базы зоопланктона.

По величине индекса сапробности по методу Пантле – Букк озеро соответствует β-мезосапробному типу (умеренно загрязнен-

ные воды), по величине индекса видового разнообразия – мезоэвтрофному [Андроникова, 1996; Gliwicz, 2003; Китаев, 2007]. По уровню количественного развития зоопланктона пелагиаль озера ближе к олиготрофному типу с биомассой до 1,0 г/м³ (низкий класс), литоральная зона – к переходному α-мезотрофному – β-мезотрофному типу с биомассой 2,0 г/м³ (умеренный – средний класс).

Макрозообентос. Организмы донной фауны характеризуются широким экологическим спектром, достаточно крупными размерами, приуроченностью к конкретному местообитанию, значительной продолжительностью жизни, позволяющей им аккумулировать загрязняющие вещества [Баканов, 2000; Яковлев, 2005].

Основные таксоны представителей донной фауны, отмеченные по результатам наших исследований, представлены в табл. 5.

Доминирующий комплекс зообентоса формируют Chironomidae (*Chironomus* sp., *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp., *Cladopelma lateralis*), Bivalvia и Oligochaeta.

Величина средней биомассы макрозообентоса в исследуемый период составляла 1,8 г/м² при численности 500 экз./м² (табл. 6). Основу биомассы формировали личинки хирономид – 0,93 г/м² при численности 238 экз./м². Также преобладающим видом донной фауны являются двустворчатые моллюски, доля которых равна 50 % всей биомассы.

Количественные показатели биомассы зообентоса изменялись от 100 экз./м² и 0,052 г/м² в зоне максимальных глубин и до 1120 экз./м² и 1,8 г/м² в прибрежных участках.

По преобладанию среди хирономид представителей п/с Chironominae оз. Тикшозеро принадлежит к мезотрофному типу. Хирономидный индекс (K) составил 1,76, что позволяет отнести озеро к умеренно загрязненным водным объектам.

Таблица 5. Список видов макрозообентоса в оз. Тикшозеро

Table 5. List of macrozoobenthos species in Lake Tikshozero

Таксон Taxon
Класс / Class Oligochaeta
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen
Класс / Class Nematoda
Класс / Class Insecta
Отряд / Order Diptera
Семейство / Family Chironomidae
<i>Tanytarsus</i> sp.
<i>Procladius</i> sp.
<i>Paratanytarsus</i> sp.
<i>Chironomus</i> sp.
<i>Cryptochironomus obreptans</i> Walker
<i>Microtendipes pedellus</i> DeGeer
<i>Zalutschia zalutschicola</i> Lipina
<i>Polypedilum nubeculosum</i> Meigen
<i>P. pedestre</i> Meigen
<i>Sergentia coracina</i> Zetterstedt
<i>Cladopelma lateralis</i> Goetghebuer
<i>Monodiamesa bathyphila</i> Kieffer
<i>Cladotanytarsus</i> sp.
<i>Chaetocladius pige</i> Goetghebuer
Класс / Class Bivalvia
<i>Pisidium</i> sp.

В водоеме отмечено 7 видов рыб, принадлежащих к 5 семействам (табл. 7). Состав рыбного населения является типичным для малых водоемов Карелии [Первозванский, 1986; Стерлигова и др., 2016; Ильмаст и др., 2017].

Таблица 6. Средняя численность и биомасса макрозообентоса Тикшозера

Table 6. Average abundance and biomass of macrozoobenthos of Lake Tikshozero

Таксон Taxon	N, экз./м ² N, ind./m ²	N, %	B, г/м ² B, g/m ²	B, %	F, %
Chironomidae	238	47,50	0,93	51,38	100,0
Oligochaeta	110	22,04	0,04	2,21	28,5
Bivalvia	120	24,05	0,82	45,86	71,4
Nematoda	32	6,41	0,01	0,55	71,4
Всего Total	500	100	1,80	100	–

Примечание. N – средняя численность, N, % – относительная численность, B – средняя биомасса, B, % – относительная биомасса, F, % – встречаемость таксонов в пробах.

Note. N – average abundance, N, % – relative abundance, B – average biomass, B, % – relative biomass, F, % – occurrence of taxa in samples.

Таблица 7. Состав рыбного населения оз. Тикшозеро
Table 7. Composition of fish population of Lake Tikshozero

Семейство и вид Family and species
Coregonidae
<i>Coregonus albula</i> (L.) – европейская ряпушка / vendace
<i>C. lavaretus</i> (L.) – сиг / whitefish
Esocidae
<i>Esox lucius</i> L. – обыкновенная щука / northern pike
Cyprinidae
<i>Rutilus rutilus</i> (L.) – плотва / roach
Lotidae
<i>Lota lota</i> (L.) – налим / burbot
Percidae
<i>Perca fluviatilis</i> L. – речной окунь / common perch
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.) – ерш / ruffe

Заключение

Анализ результатов выполненных исследований показал, что по гидрологическим показателям (площадь водоема, средняя глубина, прозрачность, объем водной массы и т. д.) оз. Тикшозеро относится к малым водоемам. По химическому составу вода озера соответствует гидрокарбонатному классу, группе кальция, характеризуется низкой минерализацией (27 мг/л) и высокой цветностью 110° (103–115°).

По уровню количественного развития зоопланктона пелагиаль Тикшозера ближе к олиготрофному типу с биомассой до 1,0 г/м³ (низкий класс), литоральная зона – к переходному α-мезотрофному – β-мезотрофному типу с биомассой около 2,0 г/м³ (умеренный – средний класс). По уровню развития бентосной фауны с преобладанием среди хирономид представителей п/с Chironominae по шкале трофности озеро соответствует α-мезотрофным водоемам. Хирономидный индекс (К) составил 1,76, что соответствует умеренно загрязненным водным объектам.

В озере отмечено 7 видов рыб, и по своему рыбохозяйственному статусу оно относится к водоемам высшей категории, так как в нем обитают такие ценные виды рыб, как сиг и ряпушка. В настоящее время водоем используется местным населением района для любительского рыболовства, рекреации и является перспективным для развития рыбоводства (товарное выращивание радужной форели). Отсутствие промышленных, хозяйственно-бытовых стоков и малочисленность населения района позволяет рассматривать водоем в качестве удобного контрольного объекта при монито-

ринговых исследованиях и для оценки водоемов в условиях разнофакторного воздействия.

Авторы благодарят сотрудников лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных ИБ КарНЦ РАН Д. С. Савосина и Н. П. Милянчука за помощь при сборе полевого материала.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт биологии КарНЦ РАН, № 0218-2019-0081).

Литература

Абакумов В. А. Контроль качества вод по гидрологическим показателям // Научные основы в системе контроля качества поверхностных вод. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. С. 93–99.

Алимов А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2001. 147 с.

Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.

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.: ЗИН РАН, 1997. С. 266–292.

Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.

Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Ред. А. Ф. Алимов, Н. Г. Богущая, М. И. Орлова. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 436 с.

Григорьев С. В., Грицевская Г. Л. Каталог озер КАССР. М.; Л.: АН СССР, 1959. 240 с.

Дгебуадзе Ю. Ю., Павлов Д. С. Вчера, сегодня и завтра инвазийных чужеродных видов в Российской Федерации // Труды ГосНИОРХ. Вып. 337. СПб.; М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. С. 71–82.

Жадин В. И. Методика изучения донной фауны и экологии донных беспозвоночных // Жизнь пресных вод СССР. М.; Л.: Наука, 1956. Т. 4, ч. 1. С. 17–41.

Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П., Кучко Я. А. Рыбохозяйственное использование малых водоемов Карелии // Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. С. 506–510.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Куликова Т. П. Рекомендации по определению сапробности с учетом биологических особенностей планктонных организмов Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1983. 6 с.

Кутикова Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 510 с.

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л.: Наука, 1974. 60 с.

Морозов А. К. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 122 с.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие. М.: Мир, 1992. 184 с.

Мязметс А. Х. Качественный состав пелагического зоопланктона как показатель трофности озера // Изучение и освоение водоемов Прибалтики и Белоруссии. Рига: РГУ, 1979. Т. 1. С. 12–15.

Нарчук Э. П. Определитель беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб., 1999. С. 210–296.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. 495 с.

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

Первозванский В. Я. Рыбы водоемов района Костомукшского железорудного месторождения (экология, воспроизводство, использование). Петрозаводск: Карелия, 1986. 216 с.

Решетников Ю. С., Попова О. А., Стерлигова О. П., Титова В. Ф., Бушман Л. Г., Иешко Е. П., Макарова Н. П., Малахова Р. П., Помазовская И. В.,

Смирнов Ю. А. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоема. М.: Наука, 1982. 248 с.

Рыбы в заповедниках России / Ред. Ю. С. Решетников. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. 627 с.

Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д. С. Круглоротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.

Хазов А. Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 154 с.

Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х. Р. Умирающие озера. Л.: Наука, 1990. 279 с.

Яковлев В. А. Пресноводный зообентос Северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика). Апатиты: КНЦ РАН, 2005. Ч. 1. 161 с.; ч. 2. 145 с.

Gliwicz Z. M. Zooplankton // Limnology and limnetic ecology. Malden, Oxford: Blackwell Publishing, 2003. Vol. 1. P. 461–516.

Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. F. Hydrobiol. Ergebnisseder Limnologie. 1973. Bd. 7. 218 p.

Поступила в редакцию 18.03.2021

References

Abakumov V. A. Kontrol' kachestva vod po gidrologicheskim pokazatelyam [Water quality control by hydrological indicators]. *Nauch. osnovy v sisteme kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod* [Sci. bases in the system of surface water quality control]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. P. 93–99.

Alimov A. F. Elementy teorii funkcionirovaniya vodnykh ekosistem [Elements of the theory of aquatic ecosystems functioning]. St. Petersburg: Nauka, 2001. 147 p.

Andronikova I. N. Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov [Structural-functional organization of zooplankton in lake ecosystems of different trophic types]. St. Petersburg: Nauka, 1996. 189 p.

Balushkina E. V. Primenenie integral'nogo pokazatelya dlya otsenki kachestva vod po strukturnym kharakteristikam donnykh soobshchestv [The use of an integral indicator for assessing water quality by the structural characteristics of bottom communities]. *Reaktsiya ozernykh ekosistem na izmeneniye bioticheskikh i abioticheskikh uslovii* [Reaction of lake ecosystems to changes in biotic and abiotic conditions]. St. Petersburg: ZIN RAN, 1997. P. 266–292.

Bakanov A. I. Ispol'zovaniye zoobentosa dlya monitoringa presnovodnykh vodoemov (obzor) [Use of zoobenthos for monitoring freshwater reservoirs (a review)]. *Biol. vnutr. vod* [Inland Water Biol.]. 2000. No. 1. P. 68–82.

Biologicheskie invazii v vodnykh i nazemnykh ekosistemakh [Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems]. Eds. A. F. Alimov, N. G. Bogutskaya, M. I. Orlova. Moscow: KMK, 2004. 436 p.

Dgebuadze Yu. Yu., Pavlov D. S. Vchera, segodnya i zavtra invazyinykh chuzherodnykh vidov v Rossiiskoi Fe-

deratsii [Yesterday, today and tomorrow of invasive alien species in the Russian Federation]. *Trudy GosNIORKh* [Proceed. National Research Institute of Lake and River Fisheries]. Iss. 337. St. Petersburg; Moscow: KMK, 2007. P. 71–82.

Grigor'yev S. V., Gritsevskaya G. L. Katalog ozer KASSR [A catalogue of lakes of the KASSR]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1959. 240 p.

Il'mast N. V., Sterligova O. P., Kuchko Ya. A. Rybokhozyaistvennoe ispol'zovanie malykh vodoemov Karelii [Fishery use of small water bodies in Karelia]. *Ozera Evrazii: probl. i puti ikh resheniya* [Lakes of Eurasia: Problems and solutions]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2017. P. 506–510.

Khazov A. R. Analiz gidrobiologicheskikh dannykh i ego programmaya realizatsiya [Analysis of hydrobiological data and its software implementation]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2000. 154 p.

Khenderson-Sellers B., Marklend Kh. R. Umirayushchie ozera [Dying lakes]. Leningrad: Nauka, 1990. 279 p.

Kitayev S. P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtologov [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists.]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2007. 395 p.

Kulikova T. P. Rekomendatsii po opredeleniyu saprobnosti s uchetom biologicheskikh osobennosti planktonnykh organizmov Karelii [Recommendations for determining saprobity taking into account the biological characteristics of planktonic organisms in Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1983. 6 p.

Kutikova L. A. Opredelitel' presnovodnykh bespozvochnykh Evropeiskoi chasti SSSR [A key to freshwater invertebrates of the European part of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 510 p.

Makrushin A. V. Biologicheskii analiz kachestva vod [Biological analysis of water quality]. Leningrad: Nauka, 1974. 60 p.

Morozov A. K. Khimicheskii sostav vody [Chemical composition of water]. *Sovr. sostoyanie vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya* [Current state of water bodies in the Republic of Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1998. 122 p.

Megarran E. Ekologicheskoe raznoobrazie [Ecological diversity]. Moscow: Mir, 1992. 184 p.

Myamets A. Kh. Kachestvennyi sostav pelagicheskogo zooplanktona kak pokazatel' trofnosti ozera [The qualitative composition of pelagic zooplankton as an indicator of the trophicity of the lake]. *Izuchenie i osvoenie vodoemov Pribaltiki i Belorussii* [Study and development of water bodies in the Baltic and Belarus]. Riga: RGU, 1979. Vol. 1. P. 12–15.

Narchuk E. P. Opredelitel' bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii [A key to invertebrates of Russia and adjacent territories]. St. Petersburg, 1999. P. 210–296.

Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. Zooplankton [A key to zooplankton and zoobenthos of fresh waters in European Russia. Zooplankton]. Moscow: KMK, 2010. Vol. 1. 495 p.

Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. Zoobentos [A key to zooplankton and zoobenthos of fresh waters in European Russia. Zoobenthos]. Moscow: KMK, 2016. Vol. 2. 457 p.

Pervozvanskii V. Ya. Ryby vodoemov raiona Kostomukshskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya (ekologiya, vosproizvodstvo, ispol'zovanie) [Fish of water bodies of the Kostomuksha iron ore deposit area (ecology, reproduction, and use)]. Petrozavodsk: Karelia, 1986. 216 p.

Reshetnikov Yu. S., Popova O. A., Sterligova O. P., Titova V. F., Bushman L. G., Ieshko E. P., Makarova N. P., Malakhova R. P., Pomazovskaya I. V., Smirnov Yu. A. Izmenenie struktury rybnogo naseleniya evtrofiruemogo vodoema [Changes in the structure of the fish population of the eutrophied reservoir]. Moscow: Nauka, 1982. 248 p.

Ryby v zapovednikakh Rossii [Fish in the reserves of Russia]. Ed. Yu. S. Reshetnikov. Moscow: KMK, 2010. Vol. 1. 627 p.

Sterligova O. P., Il'mast N. V., Savosin D. S. Krugloroty i ryby presnykh vod Karelii [Cyclostomata and fish of fresh waters in Karelia]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2016. 224 p.

Yakovlev V. A. Presnovodnyi zoobentos Severnoi Fennoskandii (raznoobrazie, struktura i antropogennaya dinamika) [Freshwater zoobenthos of Northern Fennoscandia (diversity, structure, and anthropogenic dynamics)]. Apatity: KRC RAS, 2005. Part. 1. 161 p.; Part. 2. 145 p.

Zhadin V. I. Metodika izucheniya donnoi fauny i ekologii donnykh bespozvonochnykh [Methods for studying bottom fauna and ecology of bottom invertebrates]. *Zhizn' presnykh vod SSSR* [Life of fresh waters of the USSR]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1956. Vol. 4, Part 1. P. 17–41.

Gliwicz Z. M. Zooplankton. *Limnology and limnetic ecology*. Malden, Oxford: Blackwell Publ., 2003. Vol. 1. P. 461–516.

Sládeček V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. F. Hydrobiol. Ergebnisseder Limnologie*. 1973. Bd. 7. 218 p.

Received March 18, 2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Стерлигова Ольга Павловна

главный научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: o.sterligova@yandex.ru

Кучко Ярослав Александрович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: y-kuchko@mail.ru

Савосин Евгений Сергеевич

научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: szhenya@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Sterligova, Olga

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: o.sterligova@yandex.ru

Kuchko, Yaroslav

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 18591 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: y-kuchko@mail.ru

Savosin, Evgeny

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 18591 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: szhenya@mail.ru

Ильмаст Николай Викторович,
заведующий лабораторией, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: ilmast@mail.ru

Ilmast, Nikolai
Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: ilmast@mail.ru