

УДК 582.232/.275:574.586:556.52/.55(470.2)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ УКСУНЬОКИ (СЕВЕРНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ)

Д. Г. Алешина<sup>1\*</sup>, Е. А. Курашов<sup>2</sup>, М. А. Гусева<sup>2</sup>, Т. Н. Петрова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Татарский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТатарстанНИРО) (ул. Александра Попова, 4а, Казань, Республика Татарстан, Россия, 420029), \*dinaaleshina\_21@gmail.com

<sup>2</sup> Институт озероведения РАН, СПб ФИЦ РАН (ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105)

Исследовано зоопланктонное сообщество нижнего течения одного из притоков северного побережья Ладожского озера – реки Уксунйоки с целью изучить его современное состояние как важного структурно-функционального звена лотической экосистемы, оценить качество воды на основании его показателей и установить, какие факторы влияют на его развитие. По материалам наблюдений в 2011–2016 гг. установлено, что сообщество зоопланктона включает 53 таксона рангом ниже рода, среди них Rotifera – 16, Cladocera – 31, Copepoda – 6. Впервые для водотока отмечены 26 видов и подвидов зоопланктеров. В р. Уксунйоки выявлены одни из самых низких количественных показателей развития зоопланктона среди других 20 притоков Ладожского озера, которые были одновременно исследованы в весенний, летний и осенний сезоны 2011–2016 гг. Численность изменялась от 10 до 2740 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0,0001 до 0,0330 г/м<sup>3</sup>. Максимальное значение количественных показателей отмечено в сентябре 2013 г. Наибольшие за сезон средние значения видового богатства, численности и биомассы зафиксированы в летний период. Весной по численности преобладали Copepoda, представленные науплиальными и копеподидными стадиями Cyclopoidea, летом и осенью наибольшее значение в структуре зоопланктона по численности и биомассе имели ракообразные группы Cladocera из семейства Chydoridae. В трофической структуре зоопланктонного сообщества преобладали организмы, добывающие пищу с поверхности субстрата, – ползающие-плавающие вторичные фильтраторы. Из факторов водной среды в р. Уксунйоки наиболее значимыми для развития зоопланктона, по-видимому, являются ионный состав воды и расход воды. Воды р. Уксунйоки по показателям сообщества зоопланктона можно охарактеризовать как условно чистые, пригодные для всех видов водопользования.

Ключевые слова: лотическая система; численность; биомасса; качество воды; сапробность; гидрохимические показатели

Для цитирования: Алешина Д. Г., Курашов Е. А., Гусева М. А., Петрова Т. Н. Современное состояние зоопланктона нижнего течения реки Уксунйоки (Северное Приладожье) // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 6. С. 121–132. doi: 10.17076/lim1580

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № FMNG-2019-0001.

**D. G. Aleshina<sup>1\*</sup>, E. A. Kurashov<sup>2</sup>, M. A. Guseva<sup>2</sup>, T. N. Petrova<sup>2</sup>. CURRENT STATE OF ZOOPLANKTON IN THE LOWER COURSE OF THE UKSUNJOKI RIVER (NORTHERN LADOGA REGION)**

<sup>1</sup> Tatar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («TatarstanNIRO») (4a Alexander Popov St., 420029 Kazan, Republic of Tatarstan, Russia), \*dinaaleshina\_21@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences (9 Sevast'yanova St., 196105 St. Petersburg, Russia)

The zooplankton community of the lower course of a stream draining to the Lake Ladoga northern coast – the Uksunjoki river was studied to estimate its current state as an essential structural and functional element of this lotic ecosystem, to assess the water quality based on zooplankton indicators and to determine what factors influence its development. Surveys in 2011–2016 showed the zooplankton community to include 53 taxa below the genus level, among them Rotifera – 16, Cladocera – 31, Copepoda – 6. During the surveys, 26 species and subspecies of zooplankton were recorded for the first time for this watercourse. Zooplankton quantities in the Uksunjoki were among the lowest among other 20 tributaries of Lake Ladoga during the spring, summer, and autumn seasons. The abundance varied from 10 to 2740 ind./m<sup>3</sup>, biomass from 0.0001 to 0.0330 g/m<sup>3</sup>. Quantitative indicators reached a maximum in September 2013. The highest season-averaged values of species richness, abundance, and biomass occurred in the summer period. In spring, Copepoda prevailed, represented by the naupliar and copepodite stages of Cyclopoida. In summer and autumn, cladoceran crustaceans from the family Chydoridae featured the largest numbers and biomass in the structure of the zooplankton community. Organisms that forage from the substrate surface (crawling-floating secondary filter feeders) predominated in the trophic structure of the zooplankton community. The development of species was stochastic. The most significant aquatic environment factors for the development of zooplankton in the Uksunjoki appear to be the water ionic composition and water discharge. As indicated by the zooplankton community, the water of the Uksunjoki River can be characterized as relatively clean and suitable for all types of water use.

Keywords: lotic system; abundance; biomass; water quality; saprobity; hydrochemical indicators

For citation: Aleshina D. G., Kurashov E. A., Guseva M. A., Petrova T. N. Current state of zooplankton in the lower course of the Uksunjoki River (Northern Ladoga region). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022. No. 6. P. 121–132. doi: 10.17076/lim1580

Funding. The study was carried out under state assignment to the Institute of Limnology RAS – St. Petersburg Research Centre RAS within the theme #FMNG-2019-0001.

## Введение

Река Уксунйоки является одним из притоков Ладожского озера и представляет собой водоток с расширениями в виде проточных озер длиной 121 км, водосборной площадью 1080 км<sup>2</sup>, озерностью 6 %, заболоченностью территории 9 %, средним расходом воды за год 15 м<sup>3</sup>/с [Каталог..., 2001]. Водосборный бассейн этой озерно-речной системы лежит на гранито-гнейсовых коренных породах Фенноскандии – на кристаллическом Балтийском щите. Эта сильно (до 88 %) облесенная территория южной части Республики Карелия имеет слабое хозяйственное освоение. В нижнем течении водоток порожистый, поэтому активно используется в туристических целях.

Исследование зоопланктона реки началось Карельским отделением ГОСНИОРХ в 1965 г. с целью рыбохозяйственного освоения малых озер в верхнем течении [Куликова, 2012]. В литературе имеются данные исследований зоопланктона 4 рек и 25 озер в водосборном бассейне озерно-речной системы Уксунйоки [Рыжков, 1999; Рябинкина и др., 2012; Куликова, 2012, 2013; Комулайнен и др., 2016, 2017].

Река Уксунйоки служит источником водоснабжения для двух населенных пунктов Северного Приладожья, обеспечивает естественную среду для нереста и воспроизводства популяции атлантического лосося Ладожского озера [Антонов, 2003] и озерной форели [Рыжков, 1999]. Экосистема притока северного побережья – р. Уксунйоки – нуждается в постоянном

мониторинге, поскольку наряду с другими реками водосборного бассейна оказывает на Ладогу непосредственное влияние, в том числе на его гидробиоценозы [Расплетина и др., 2006; Trifonova et al., 2007; Комулайнен и др., 2016; Лозовик и др., 2017]. Кроме того, что зоопланктон является важным звеном водных экосистем, сообщество коловраток и ракообразных – хороший индикатор состояния водоема [Андрионикова, 1996].

Цель данной работы – изучить зоопланктонное сообщество нижнего течения р. Уксунйоки как важного структурно-функционального звена лотической экосистемы, оценить качество воды на основании его показателей и установить, с какими факторами среды взаимосвязано его развитие.

## Материалы и методы

Исследование зоопланктона проводили в 2011–2016 гг. на станции в нижнем течении реки Уксунйоки в районе пос. Уксуу (61°30'01" с.ш. 31°36'00" в.д.).

Питание реки Уксунйоки происходит по смешанному типу, воды имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав. В таблице 1 представлены основные физико-химические показатели воды в нижнем течении водотока. Как и в предыдущие годы [Расплетина и др., 2006], в 2011–2016 гг. для нижнего течения реки были характерны одни из самых низких среди рек в частном водосборном бассейне Ладожского озера содержание общего фосфора, металлов, минерализация и амплитуда ее колебания (табл. 1)

Таблица 1. Основные физико-химические показатели воды и содержание хлорофилла *a* в нижнем течении р. Уксун

Table 1. The main physico-chemical indicators of water and chlorophyll *a* content in the downstream of the Uksun River

Показатели* Indicators*	Медиана Median	Минимум Minimum	Максимум Maximum	Коэффициент вариации Coefficient of variation
Susp	2,7	0,1	6,3	1,05
Chr	152	73	344	0,49
$P_{\text{общ}}$ $P_{\text{tot}}$	0,018	0,012	0,076	0,84
$N_{\text{общ}}$ $N_{\text{tot}}$	0,6	0,4	0,7	0,28
TOC	10,9	7,5	20,6	0,37
$\text{HCO}_3^-$	4,6	0,7	9,3	0,64
$\text{Cl}^-$	1,8	1,0	4,5	0,54
$\text{SO}_4^{2-}$	2,9	1,8	3,8	0,25
$\text{Ca}^{2+}$	2,4	1,6	4,3	0,32
$\text{Mg}^{2+}$	1,1	0,7	1,2	0,29
$\text{Na}^+\text{+K}^+$	0,2	0,1	0,6	0,81
$\sum_i$ $\sum_1$	12,7	6,7	21,2	0,35
Cond	30,4	23,4	44,1	0,23
Fe	817	485	2455	0,65
Mn	21	11	40	0,99
Al	380	150	665	0,58
Zn	2,2	1,3	6,7	0,84
Cu	1,6	0,8	5,6	0,77
pH	6,4	6,0	6,8	0,05
Chl	9,7	5,7	10,4	0,21
T	14,2	5,0	22,3	0,43

Примечание. \*Общая взвесь (Susp, г/м<sup>3</sup>), цветность (Chr, градусы кобальтовой шкалы), общий фосфор ( $P_{\text{общ}}$ , мг/л), общий азот ( $N_{\text{общ}}$ , мг/л), общий органический углерод (TOC, мг С/л), содержание анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л), катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+\text{+K}^+$ , мг/л), сумма ионов ( $\sum_i$ , мг/л), удельная электропроводность (Cond, мкСм/см), содержание металлов (Fe, Mn, Al, Zn, Cu, мкг/л) – данные лабораторных анализов; водородный показатель (pH), хлорофилл *a* (Chl, мкг/л) и температура (T, °C) определялись при помощи многопараметрического автоматического зонда.

Note. \*Total suspension (Susp, g/m<sup>3</sup>), chroma (Chr, degrees of the cobalt scale), total phosphorus ( $P_{\text{tot}}$ , mg/l), total nitrogen ( $N_{\text{tot}}$ , mg/l), total carbon (TOC, mg C/l), the content of anion ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , mg/l), the content of cation ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+\text{+K}^+$ , mg/l), total dissolved solids ( $\sum_i$ , mg/l), specific electrical conductivity (Cond, mks/sm), the content of metals (Fe, Mn, Al, Zn, Cu, mkg/l) – laboratory test data; hydrogen index (pH), chlorophyll *a* (Chl, µg/l), temperature (T, °C) were determined using a multi-parameter automatic zonde.

[Петрова, Гусева, 2015; Комулайнен и др., 2016]. Большинство озер водосборного бассейна характеризуются как мезогумусные и мезополигумусные, относятся к слабокислому нейтральному классу. Активная реакция среды от верховья к устью изменяется в щелочную сторону (от 5,50 до 6,65) [Рыжков, 1999; Куликова, 2012]. Максимальные значения pH наблюдались в летний период и свидетельствовали о росте потребления CO<sub>2</sub> в результате интенсификации процессов фотосинтеза. Минимальные значения соответствовали периодам поздней осени, когда процессы деструкции органического вещества преобладают. В сравнении с другими северными притоками Ладожского озера водородный показатель р. Уксунйоки был относительно низкий. Из-за повышенного содержания гуминовых веществ показатель цветности воды был высокий и в нижнем течении реки (табл. 1). Низкая минерализация и высокое содержание природных окрашенных органических соединений гумусовой природы характерны для большого числа водоемов Карелии [Куликова, 2013].

Сроки отбора проб указаны в таблице 2. Пробы зоопланктона отбирали с береговых камней

на однородном по течению по всей ширине реки участке, свободном от макрофитов, путем проливания 100 литров воды емкостью 5 л через сеть Апштейна (газ № 64) [Методические..., 1982]. Пробы фиксировали 40% раствором формалина до конечной концентрации 4 %. Обработку и определение проводили по стандартной методике [Определитель..., 2010].

Индивидуальная масса определялась по длине тела [Балушкина, Винберг, 1979]. Видовое разнообразие сообществ определялось по информационному индексу Шеннона – Уивера, который рассчитывали по численности (H<sub>N</sub>, бит/экз.) и биомассе (H<sub>B</sub>, бит/г) [Песенко, 1982]. Анализ качества воды осуществлялся на основе индекса сапробности (S) [Макрушин, 1974]. Доминирующими считали виды, численность которых составляла более 10 % от общей численности [Андроникова, 1996]. Биологическим летом считали период с июля по сентябрь, т. к. сдвиг сроков наступления биологических сезонов относительно календарных характерен для региона [Рыжков, 1999]. Физико-химические показатели и содержание хлорофилла в воде были получены при помощи многопараметри-

Таблица 2. Видовое богатство (n), численность (N, экз./м<sup>3</sup>), биомасса (B, г/м<sup>3</sup>) и доминирующие таксоны зоопланктона в нижнем течении р. Уксун

Table 2. Species richness (n), abundance (N, ind./m<sup>3</sup>), biomass (B, g/m<sup>3</sup>) and dominant zooplankton taxa in the downstream of the Uksun River

Дата Date	n	N	B	Доминирующие таксоны Dominant taxa
<b>Весна Spring</b>				
01.06.2011	1 (0)*	60	0,0003	<i>Cyclopidae</i> cop. 100**
10.06.2013	3 (0)	50	0,0016	<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834) – 20, <i>Eurycercus (E.) lamellatus</i> (O.F. Müller, 1776) – 20, <i>E. serrulatus</i> – 20
20.05.2014	4 (1)	920	0,0031	<i>Cyclopidae</i> cop. – 43, <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879) – 33, <i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller, 1785) – 11
01.06.2016	5 (1)	370	0,0021	<i>K. longispina</i> – 84
<b>Лето Summer</b>				
10.08.2011	18 (5)	380	0,0068	<i>B. (B.) longirostris</i> – 24, <i>Euchlanis lyra</i> Hudson, 1886 – 19, <i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785) – 10
19.07.2012	10 (1)	270	0,0057	<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841) – 21, <i>Bosmina (Eubosmina) cf. longispina</i> Baird, 1857 – 18, <i>Ch. sphaericus</i> – 10
19.09.2013	27 (2)	2740	0,0330	<i>Alonella nana</i> (Baird, 1850) – 13, <i>A. exigua</i> (Lilljeborg, 1901) – 10, <i>Chydorus gibbus</i> Sars, 1891 – 10
14.07.2014	6 (3)	110	0,0022	<i>K. longispina</i> – 18, <i>Synchaeta</i> sp. – 18, <i>A. nana</i> – 18
<b>Осень Autumn</b>				
25.10.2011	10 (4)	283	0,0110	<i>A. harpae</i> – 19, <i>E. (E.) lamellatus</i> – 19, <i>Ceriodaphnia quadrangular</i> (O.F. Müller, 1785) – 17
23.10.2012	4 (1)	40	0,0008	<i>A. harpae</i> – 25, <i>E. lyra</i> – 25, <i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862 – 25
16.10.2014	1 (0)	10	0,0001	<i>A. harpae</i> – 100

Примечание. \* Общее число таксонов, в скобках число таксонов коловраток, \*\* процент от общей численности зоопланктона.  
Note. \* Total number of taxa, the number of rotifers taxa is given in brackets, \*\* percentage of the total number of zooplankton.

ческого автоматического зонда YSI 6600D (YSI Incorporated, США) непосредственно во время отбора проб зоопланктона в поверхностном горизонте воды или оценены стандартными методами в лаборатории [Петрова, Гусева, 2015]. Были проанализированы зависимости обилия отдельных видов, основных групп (Rotifera, Cladocera, Copepoda) и общих показателей зоопланктона от 21 переменной (показателя) водной среды (табл. 1) и среднемесячного расхода воды ( $W_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup>/с) [Основные..., 1978] за 11 сроков наблюдений (табл. 2). Для выявления связей между оцененными параметрами использовали корреляционный анализ (коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена), реализованный в пакете Statistica 6.0 (StatSoft Inc.).

### Результаты и обсуждение

В 2011–2016 гг. в составе зоопланктона р. Уксунйоки было выявлено 42 вида и подвида зоопланктона из 53, известных для данного водотока [Куликова, 2012; Рябинкина и др., 2012; Алешина и др., 2014]. Отмеченные таксоны относились к 35 родам из 14 семейств (табл. 3), в том числе: 10 видов и подвидов группы Rotifera (25 %), 26 – Cladocera (63 %), 6 – Copepoda (12 %), из них 5 – представители Cyclopoida и 1 – Calanoida.

В ходе исследования 2011–2016 гг. в р. Уксунйоки впервые отмечены 26 видов и подвидов зоопланктеров. Среди них было 6 таксонов коловраток: *Conochilus unicornis* Rousset, 1892, *Euchlanis d. dilatata* Ehrenberg, 1832, *E. incise* Carlin, 1939, *E. lyra* Hudson, 1886, *Platyias quadricornis* (Ehrenberg, 1832), *Trichotria truncate* (Whitelegge, 1889); 16 – ветвистоусых: *Limnospida frontosa* Sars, 1862, *Ceriodaphnia pulchella* Sars, 1862, *Acroperus angustatus* (Sars, 1863), *Alonopsis elongates* Sars, 1862, *Alona rectangular* Sars, 1862, *Graptoleberis testudina-*

*ria* (Fischer, 1851), *Monospilus dispar* Sars, 1862, *Alonella exigua* (Lilljeborg, 1901), *Chydorus gibbus* Sars, 1891, *Disparalona rostrata* (Koch, 1841), *Picripleuroxus laevis* (Sars, 1862), *Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820), *P. trigonellus* (O.F. Müller, 1785), *P. truncates* (O.F. Müller, 1785), *P. uncinatus* Baird, 1850, *Ilyocryptus agilis* Kurz, 1874; 4 вида веслоногих ракообразных: *Eucyclops macrurus* (Sars, 1863), *E. serrulatus* (Fischer, 1851), *Megacyclops viridis* (Jurine, 1820) и однократно в июне 2016 года встречен *Limnocalanus macrurus* Sars, 1863.

Видовое богатство зоопланктона водотока в нижнем течении озерно-речной системы Уксунйоки было невысоким (табл. 2), так же как и в озерах верхнего течения реки [Куликова, 2012]. Наибольшее видовое богатство отмечено в конце лета 2011 г. и в начале осени 2013 г. (18 и 27 видов соответственно), а наименьшее – весной 2011 г. и осенью 2014 г. (по 1 таксону) (табл. 2). Низкое разнообразие таксонов наблюдалось весной и осенью (табл. 3). Наиболее часто в пробах встречались зоопланктеры: из группы коловраток *E. lyra*, из ракообразных *Acroperus harpae* (Baird, 1834), *Eurycercus (E.) lamellatus* (O.F. Müller, 1776), *Cyclopidae naup.*, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785). В среднем значения индекса видового разнообразия по численности ( $H_N = 1,89$ ) и биомассе ( $H_B = 1,42$ ) зоопланктона были невысокими, максимальные значения отмечены в летний период (табл. 4).

Анализ биогеографического распространения показал, что таксономический состав зоопланктона типичен для фауны Европейского Севера [Куликова, 2013]. Планктонное сообщество было представлено видами, имеющими всесветное (38 %), голарктическое (29 %), палеарктическое (29 %) и бореальное (4 %) географическое распространение. Таксономический состав был представлен эвритермными и

Таблица 3. Таксономическое разнообразие зоопланктона р. Уксунйоки

Table 3. Taxonomic diversity of zooplankton in the Uksunjoki River

Таксоны Taxa	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Всего Total
Семейства Families	6* (6)**	6 (8)	3 (3)	14 (17)
Роды Genera	12 (10)	17 (20)	6 (7)	35 (37)
Виды и подвиды Species and subspecies	10 (16)	26 (31)	6 (6)	42 (53)

Примечание. \*Число таксонов в период исследования 2011–2016 гг.; \*\*без скобок указаны собственные данные, в скобках – общее число известных таксонов для данного водотока по собственным и литературным данным.

Note. \*The number of taxa in the study period 2011–2016; \*\*authors' data are given without brackets, the total number of the known taxa for the watercourse according to the authors' and published data – in brackets.

Таблица 4. Значимые ( $p < 0,05$ ) коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена между факторами среды в реке Уксунйоки и показателями зоопланктонного сообщества – численностью (N, экз./м<sup>3</sup>), биомассой (B, мг/м<sup>3</sup>), числом видов (n), индексом Шеннона по численности (H<sub>N</sub>) и по биомассе (H<sub>B</sub>), индексом сапробности (S), численностью функциональных по питанию групп зоопланктона

Table 4. Significant ( $p < 0.05$ ) Pearson and Spearman correlation coefficients between environmental factors in the Uksunjoki River and the indicators of the zooplankton community – abundance (N, ind./m<sup>3</sup>), biomass (B, mg/m<sup>3</sup>), the number of zooplankton species (n), Shannon index by abundance (H<sub>N</sub>) and biomass (H<sub>B</sub>), saprobity index (S), the number of functional feeding groups of zooplankton

Показатель развития зоопланктона Indicator of zooplankton development	Фактор среды (значение коэффициента корреляции Пирсона) Environmental factor (Pearson correlation coefficient value)	Фактор среды (значение коэффициента корреляции Спирмена) Environmental factor (Spearman correlation coefficient value)
N общая N general	Cl <sup>-</sup> (0,89)	Cond (0,68); P <sub>общ.</sub> (-0,68); Ca <sup>2+</sup> (0,71); Cl <sup>-</sup> (0,79); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,79); Mn (-0,71); Σ <sub>n</sub> (0,89)
N Rotifera	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,72); Fe (0,72); W <sub>fl</sub> (0,61)	Cl <sup>-</sup> (0,75); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,89); Σ <sub>n</sub> (0,69)
N Cladocera	Cl <sup>-</sup> (0,87)	Cond (0,67); W <sub>fl</sub> (-0,59)
N Соперода	Cl <sup>-</sup> (0,87)	Chr (-0,68); Ca <sup>2+</sup> (0,81); Mg <sup>2+</sup> (0,67); Mn (-0,68)
B общая B general	Cl <sup>-</sup> (0,84)	W <sub>fl</sub> (-0,56)
B Rotifera	«	W <sub>fl</sub> (-0,71)
B Cladocera	Cl <sup>-</sup> (0,83)	W <sub>fl</sub> (-0,60)
B Соперода	Cl <sup>-</sup> (0,85)	Chr (-0,79); Cl <sup>-</sup> (0,79); Mn (-0,96); Σ <sub>n</sub> (0,81)
n общее n general	Cl <sup>-</sup> (0,92); Σ <sub>n</sub> (0,74)	Cl <sup>-</sup> (0,70); W <sub>fl</sub> (-0,74)
n Rotifera	Ca <sup>2+</sup> (0,75); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,67); Fe (0,78); Σ <sub>n</sub> (0,63)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,70); W <sub>fl</sub> (-0,65)
n Cladocera	Cl <sup>-</sup> (0,92); Σ <sub>n</sub> (0,68)	W <sub>fl</sub> (-0,65)
n Соперода	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (0,74); Cl <sup>-</sup> (0,98); Σ <sub>n</sub> (0,78)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (0,73); Ca <sup>2+</sup> (0,76); Cl <sup>-</sup> (0,80); Mn (-0,80); Σ <sub>n</sub> (0,74)
H <sub>N</sub>	W <sub>fl</sub> (-0,55)	W <sub>fl</sub> (-0,76)
H <sub>B</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (0,68); Cl <sup>-</sup> (0,89); Σ <sub>n</sub> (0,71)	Cl <sup>-</sup> (0,75)
S	pH (0,70)	pH (0,71); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,68); Σ <sub>n</sub> (0,68)
<b>Функциональные по питанию группы</b> <i>Nutritionally functional groups</i>		
Организмы, добывающие пищу в толще воды Organisms that forage in the water column	Cl <sup>-</sup> (0,81); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,67); Σ <sub>n</sub> (0,70)	Cl <sup>-</sup> (0,81); SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (0,74); Σ <sub>n</sub> (0,77)
Организмы, добывающие пищу с поверхности субстрата Organisms that forage from the surface of the substrate	Cl <sup>-</sup> (0,79)	W <sub>fl</sub> (-0,60)
Прикрепленные к субстрату и плавающие в толще воды организмы Attached and floating in the water column organisms	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (0,72); Cl <sup>-</sup> (0,98); Σ <sub>n</sub> (0,76)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (0,73); Ca <sup>2+</sup> (0,76); Cl <sup>-</sup> (0,80); Mn (-0,80); Σ <sub>n</sub> (0,74); W <sub>fl</sub> (-0,67)
Смешанная группа ювенильных стадий циклопов A mixed group of juvenile stages of Cyclopoida	Cl <sup>-</sup> (0,85)	Ca <sup>2+</sup> (0,74); Mn (-0,79)

Примечание. Обозначение показателей среды (факторов) – как в таблице 1.

Note. For the designation of the environmental indicators (factors) see Table 1.

умеренно тепловодными видами, имеющими широкий ареал распространения в водоемах данного региона. Впервые отмечен стенотермный холодноводный ледниковый реликт морского происхождения – *L. macrurus*, характерный для крупных больших озер. Вероятно, эта находка связана с близостью места отбора проб к Ладожскому озеру, увеличивающей возможность переноса покоящихся яиц птицами.

На рис. 1 видно, что весной в 2011 и 2014 гг. по численности преобладали Copepoda, представленные науплиальными и копепоидными стадиями развития Cyclopoida, вероятно, выносимыми бурными потоками воды из вышележащих озер, заводей и затонов [Алешина и др., 2014]. Летом и осенью чаще всего по численности преобладали ракообразные группы Cladocera из семейства Chydoridae – *A. harpae*, *Ch. sphaericus*, представители рода *Alonella*, босмины – *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Müller, 1785), *Bosmina (Eubosmina) cf. longispina* Baird, 1857. Аналогично нашим результатам доминирование этих видов было зафиксировано в нижнем течении р. Уксун другими исследователями в 2013 г. [Комулайнен и др., 2016]. Основу биомассы составляли в основном Cladocera за счет крупных представителей – *E. (E.) lamellatus*, *L. frontosa*, *D. (D.) brachyurum*. Наибольшая численность коловраток закономерно отмечалась в весенний период. Поскольку руководящий комплекс был представлен мелкоразмерными *Kellicottia longispina* (Kellcott, 1879) и *E. lyra*, в соотношении планктона по биомассе коловратки имели меньшее значение. По литературным данным, в 1995 г. доминировала по численности (55 %) и по биомассе (53 %) группа Copepoda за счет массового развития *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863). Значительное место в биомассе занимали ветвистоусые рачки (до 41 %), среди которых превалировала *Daphnia (Daphnia) cristata* Sars, 1862 [Рыжков, 1999], в наших пробах планктона не отмеченная.

В р. Уксунйоки наблюдались одни из самых низких количественных показателей развития зоопланктона среди других 20 притоков Ладожского озера, которые были одновременно исследованы в весенний, летний и осенний сезоны [Kurashov et al., 2017]. За период исследования численность изменялась от 10 до 2,74 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – от 0,0001 до 0,0330 г/м<sup>3</sup> (табл. 2). Максимальное значение количественных показателей отмечено в сентябре 2013 г. (табл. 2). Эти показатели намного меньше, чем в аналогичных исследованиях в августе 2013 г., когда биомасса в верхнем течении составила 5,0 г/м<sup>3</sup>, а в нижнем – 1,6 г/м<sup>3</sup> [Ко-

мулайнен и др., 2016]. В исследованиях 1995 г. также отмечено, что в количественном соотношении зоопланктон р. Уксунйоки беден [Рыжков, 1999]. Его численность на протяжении реки изменялась от 30 до 300 экз./м<sup>3</sup> при биомассе 0,004–0,020 г/м<sup>3</sup>. Только в истоке реки за счет озерных форм величина численности зоопланктона достигала 85,1 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,439 г/м<sup>3</sup> [Рыжков, 1999; Рябинкина и др., 2012]. Численность зоопланктона десяти исследованных озер в системе Уксунйоки в июле 1995 г. находилась в диапазоне 3,9–89,7 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,08–0,98 г/м<sup>3</sup>. Минимальные количественные показатели отмечены в небольшом оз. Сариярви, максимальные – в крупном

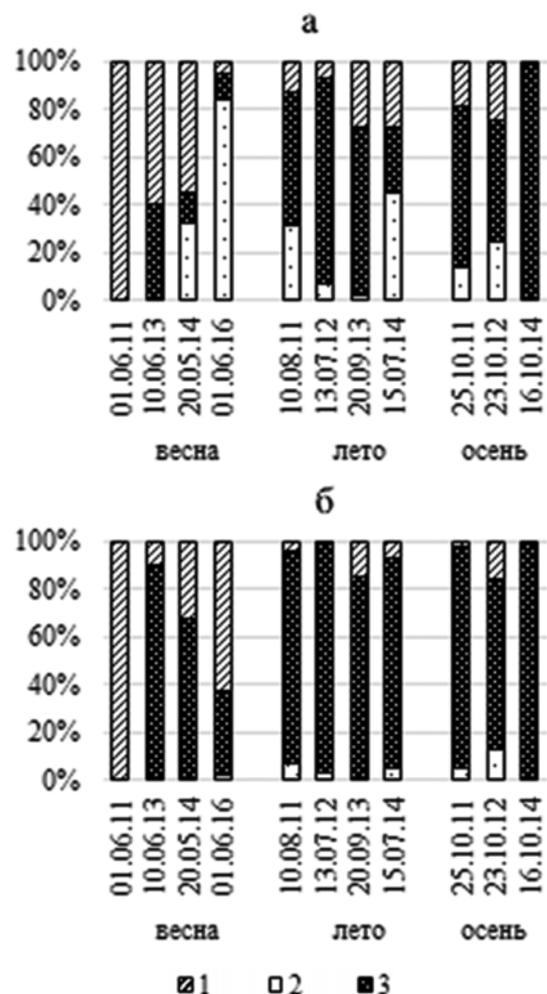


Рис. 1. Соотношение основных групп зоопланктона по численности (а) и по биомассе (б) в нижнем течении р. Уксунйоки в 2011–2016 гг.: 1 – Rotifera, 2 – Cladocera, 3 – Copepoda

Fig. 1. The ratio of the main groups of zooplankton by number (a) and biomass (б) in the downstream of the Uksunjoki River in 2011–2016: 1 – Rotifera, 2 – Cladocera, 3 – Copepoda

оз. Куйккярви [Рябинкина и др., 2012]. Вероятно, снижение численности зоопланктона в нижнем течении происходит из-за губительного действия каменистых порогов и перекатов озерно-речной системы Уксунйоки. Высокая скорость водотока в сужениях приводит к гибели зоопланктеров, что подтверждается присутствием в пробах разрушенных остатков планктонных ракообразных. Зоопланктон реки был скудным, несмотря на наличие достаточно продуктивных озерных расширений на водотоке. В р. Кола к устью также снижаются количественные показатели, так как пропадают из видового состава относительно крупные виды ракообразных и коловраток, менее приспособленных к условиям высокой турбулентности речного потока [Круглова, 2009].

Большое влияние на количественные показатели и структуру зоопланктонного сообщества оказывают сезонные явления [Сярки, Фомина, 2015]. Наибольшее среднее за сезон видовое богатство ( $15 \pm 5$ ), численность ( $875 \pm 624$  экз./м<sup>3</sup>) и биомасса ( $11,94 \pm 7,09$  мг/м<sup>3</sup>) в реке Уксунйоки отмечались в летний период (табл. 4), когда вода максимально прогревалась (до 22,3 °С). Наибольшего обилия достигала группа Cladocera за счет представителей семейства Chydoridae. В осенний период наблюдались наибольшие средние значения видового разнообразия и показателей биомассы, чем весной (табл. 4), несмотря на одинаково низкие температурные условия в эти сезоны. Среднее значение численности ( $350 \pm 204$  экз./м<sup>3</sup>) было большим, напротив, в весенний период, в связи с массовым развитием мелкоразмерных форм коловраток и науплий Copepoda.

Количественное развитие всего зоопланктона и его отдельных групп коррелирует с рядом оцененных характеристик водной среды (табл. 4). Наибольшее число значимых корреляций по коэффициенту Пирсона с показателями развития зоопланктона получено для хлорид-иона (14 корреляций), суммы ионов (7 корреляций), карбонат-ионов и сульфат-ионов (по 3 корреляции). Наибольшее число значимых корреляций по коэффициенту Спирмена получено для расхода воды (10 корреляций), хлорид-иона (8 корреляций) и суммы ионов (7 корреляций). В таблице 4 показано, что все характеристики сообщества планктонных ракообразных имеют высокую достоверную линейную связь с содержанием анионов Cl<sup>-</sup>, на развитие коловраток наибольшее влияние оказывают анионы SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Коэффициент корреляции Спирмена показывает, что численность, биомасса и число видов представителей группы Copepoda зависят от концентрации Mn в воде. Количественное раз-

витие ракообразных Cladocera демонстрирует обратную зависимость от изменения гидрологических характеристик водотока в течение года (расход воды). От активной реакции водной среды (pH) зависит только индекс сапробности. Вопреки ожиданиям температура воды не оказалась среди наиболее значимых факторов для развития всего зоопланктона и групп в его составе. Таким образом, из факторов водной среды в р. Уксунйоки наиболее значимыми для развития зоопланктона, по-видимому, являются ионный состав воды и расход воды (табл. 4). В то же время, как показано в [Kurashov et al., 2017], формирование уровня количественного развития групп Copepoda, Rotifera и Cladocera в притоках Ладожского озера статистически связано прежде всего с такими интегральными физико-географическими факторами, как площадь водосбора, расход воды и озерность.

Ранее сравнительное описание гидробиоценозов карельских водоемов показало, что структура планктона в реках связана с гидрографическими особенностями их бассейнов [Рябинкина и др., 2012], наличием проточных озер, расстоянием от истока из проточных озер, заболоченностью водосборов [Комулайнен и др., 2016, 2017]. При исследовании фитопланктона притоков Ладожского озера также была выявлена зависимость количественного развития планктонного сообщества от озерности водосборного бассейна рек [Trifonova et al., 2007]. Зависимость структуры планктонных сообществ от интегральных показателей, а не от отдельных физико-химических параметров известна для разных типов водных экосистем. Исследование влияния факторов окружающей среды на зоопланктон равнинных рек центральной полосы России показало, что результат антропогенного и зоогенного влияния среды проявляется по-разному в зависимости от множества природных факторов, но особенно – гидрологических [Крылов, 2002]. В процессе формирования зоопланктона рек ведущую роль играют ландшафтно-климатические особенности водосбора рек (морфометрия русла, расход воды, температура) [Крылов, 2005]. Обилие потамопланктона в р. Висла (Польша) также определяли гидрологические условия [Napiórkowski, Napiórkowska, 2013]. Колебания уровня воды и характер течения были наиболее важными факторами, определяющими структуру и функционирование речных пойменных экосистем различных регионов [Junk et al., 1989; Neiff, 1990; Bozelli, 2015].

Наиболее часто в трофической структуре зоопланктонного сообщества нижнего течения р. Уксунйоки преобладали организмы, добывающие пищу с поверхности субстрата – ползаю-

щие-плавающие вторичные фильтраторы (Cladocera) (рис. 2), весной в 2014 и 2016 гг. преобладали организмы, отлавливающие пищу в толще воды – плавающие первичные фильтраторы (Rotifera). Подобное распределение сходно с трофической структурой быстротекущих участков малых рек Поволжья [Крылов, 2005].

Среднее значение индекса сапробности за период исследования составило 0,93 (табл. 5), максимальное значение 1,39 отмечено в сентябре 2013 года, что позволяет охарактеризовать воды озерно-речной системы Уксунйоки как чистые. Это соответствует гидрохимической оценке качества воды (II–III класс), рассчитанной по ИЗВ (Индексу загрязнения водоемов), равному 0,81–1,05 [Петрова, Гусева, 2015] и 0,5 [Комулайнен и др., 2016] в 2013 году. Оценка качества воды по фитопланктону также показала хорошее состояние водотока [Алешина, Афанасьева, 2014]. Исследования 1990–1997 гг., проводимые на проточных озерах и водотоке от истока до устья, характеризовали отдельные участки р. Уксунйоки как чистые и умеренно загрязненные (индекс сапробности 1,35–1,85) [Рыжков, 1999].

## Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что зоопланктон нижнего течения р. Уксунйоки представлен типичными для водоемов данного региона видами. Сообщество включает 53 таксона, среди которых Rotifera – 16, Cladocera – 31, Copepoda – 6.

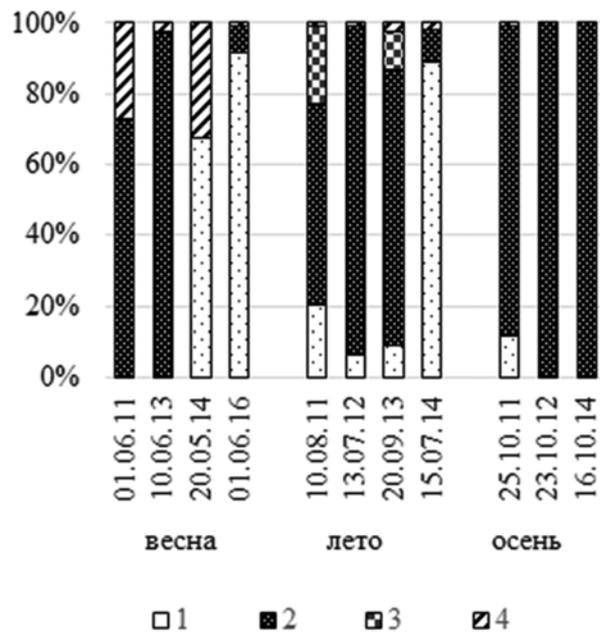


Рис. 2. Процентное соотношение групп в трофической структуре зоопланктона в нижнем течении р. Уксун в 2011–2016 гг.:

1 – организмы, добывающие пищу в толще воды, 2 – с поверхности субстрата, 3 – прикрепленные и плавающие в толще воды, 4 – смешанная группа ювенильных стадий циклопов

Fig. 2. The percentage of groups in the trophic structure of zooplankton in the downstream of the Uksun River in 2011–2016:

1 – organisms that forage in the water column, 2 – from the surface of the substrate, 3 – attached and floating in the water column organisms, 4 – a mixed group of juvenile stages of Cyclopoida

Таблица 5. Число видов зоопланктона общее (n), Rotifera ( $n_R$ ), Cladocera ( $n_{Cl}$ ), Copepoda ( $n_{Cop}$ ), численность (N, экз./м<sup>3</sup>), биомасса (B, мг/м<sup>3</sup>), индекс Шеннона по численности ( $H_N$ ) и по биомассе ( $H_B$ ), индекс сапробности (S)

Table 5. The total number of zooplankton species (n), Rotifera ( $n_R$ ), Cladocera ( $n_{Cl}$ ), Copepoda ( $n_{Cop}$ ), abundance (N, ind./m<sup>3</sup>), biomass (B, mg/m<sup>3</sup>), Shannon index by abundance ( $H_N$ ) and biomass ( $H_B$ ), saprobity index (S)

Сезон Season	Весна Spring	Лето Summer	Осень Autumn
Показатель Indicator			
n	3 ± 1*	15 ± 5	5 ± 3
$n_R$	1 ± 0	3 ± 1	2 ± 1
$n_{Cl}$	2 ± 1	11 ± 4	3 ± 1
$n_{Cop}$	1 ± 0	2 ± 1	1 ± 0
N	350 ± 204	875 ± 624	111 ± 87
B	1,77 ± 0,59	11,94 ± 7,09	3,93 ± 3,54
$H_N$	1,17 ± 0,19	2,42 ± 0,23	1,11 ± 0,61
$H_B$	0,98 ± 0,10	1,98 ± 0,51	0,69 ± 0,35
S	1,00 ± 0,35	1,14 ± 0,13	0,68 ± 0,12

Примечание. \*Среднее арифметическое ± стандартная ошибка среднего.

Note. \*Arithmetical mean ± standard error of mean.

Зоопланктон нижнего течения озерно-речной системы Уксунйоки имеет низкое количественное развитие. Наибольшее значение в летний период в структуре зоопланктона по численности и биомассе имели ракообразные группы Cladocera из семейства Chydoridae. Среди оцененных факторов водной среды в р. Уксунйоки наиболее значимыми для развития зоопланктона, по-видимому, являются ионный состав воды и расход воды. Воды р. Уксунйоки по показателям сообщества зоопланктона можно охарактеризовать как условно чистые, пригодные для всех видов водопользования. Оценка качества воды совпала с данными предыдущих лет исследований из литературных источников. Несмотря на то что антропогенное влияние человека пока не привело к существенным изменениям в озерно-речной системе Уксунйоки, необходимо дальнейшее исследование зоопланктона с целью мониторинга и охраны притоков Ладожского озера.

## Литература

- Алешина Д. Г., Курашов Е. А., Родионова Н. В., Гусева М. А. Современное состояние весеннего зоопланктона притоков Ладожского озера // *Вода: химия и экология*. 2014. № 4. С. 64–71.
- Алешина Д. Г., Афанасьева А. Л. Оценка экологического состояния малых рек – притоков Ладожского озера // *Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Мат-лы II Всерос. школы-конференции, 18–22 ноября 2014 г. Т. II*. Ярославль: Филигрань, 2014. С. 13–16.
- Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Антонов Е. А. Ландшафты и гидрология лососевых рек Ладожского озера. Справочное пособие. СПб.: Комплекс, 2003. 316 с.
- Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // *Общие основы изучения водных экосистем*. Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
- Каталог озер и рек Карелии* / Ред. Н. Н. Филатов, А. В. Литвиненко. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2001. 286 с.
- Комулайнен С. Ф., Лозовик П. А., Круглова А. Н., Барышев И. А., Галибина Н. А. Оценка экологического состояния рек северного побережья Ладожского озера по химическим показателям и структуре гидробиоценозов // *Водные ресурсы*. 2016. Т. 43, № 3. С. 277–286. doi: 10.7868/S0321059616030093
- Комулайнен С. Ф., Лозовик П. А., Круглова А. Н., Барышев И. А., Сластина Ю. Л., Галибина Н. А. Современное состояние реки Сюскюяййоки (бассейн Ладожского озера, Республика Карелия) // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2017. № 7. С. 19–33. doi: 10.17076/bg597
- Круглова А. Н. Зоопланктон реки Колы (бассейн Баренцева моря) // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2009. № 4. С. 85–89.
- Крылов А. В. Зоопланктон равнинных малых рек. М., 2005. 263 с.
- Крылов А. В. Изменение структурной организации зоопланктона малой реки в условиях различной проточности // *Биология внутренних вод*. 2002. № 2. С. 51–54.
- Куликова Т. П. Зоопланктон водных объектов северной части бассейна Ладожского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. 192 с.
- Куликова Т. П. Изученность зоопланктона водных объектов Республики Карелия // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2013. № 6. С. 63–75.
- Лозовик П. А., Галахина Н. Е., Кравченко И. Ю. Современное состояние водных объектов Карелии в результате воздействия природных, климатических и антропогенных факторов // *Водное хозяйство России*. 2017. № 3. С. 24–39.
- Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция*. Л., 1982. 33 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России*. Т. 1: Зоопланктон. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.
- Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений)*. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 670 с.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
- Петрова Т. Н., Гусева М. А. Гидрохимический режим и оценка качества воды притоков Ладожского озера // *Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года»*. 2015. Т. 1. С. 457–464.
- Расплетина Г. Ф., Кулиш Т. П., Петрова Т. Н. Гидрохимическая характеристика рек – притоков Ладожского озера и р. Невы // *Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов*. СПб.: Лема, 2006. С. 11–35.
- Рыжков Л. П. Озера бассейна Северной Ладоги. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. 201 с.
- Рябинкина М. Г., Куликова Т. П., Рыжков Л. П. Зоопланктон водоемов бассейна Северной Ладоги // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2012. № 1. С. 113–125.
- Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Сезонные изменения в зоопланктоне Петрозаводской губы Онежского озера // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2015. № 1. С. 63–68. doi: 10.17076/eco37
- Bozelli R. L., Thomaz S. M., Padial A. A., Lopes P. M., Bini L. M. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system // *Hydrobiologia*. 2015. No. 753. P. 233–241.
- Junk W. J., Bayley P. B., Sparks R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems // *Canadian Special*

Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 1989. No. 106. P. 110–127.

Kurashov E. A., Aleshina D. G., Guseva M. A., Petrova T. N., Krylova J. V. The role of environmental factors in the formation of zooplankton in tributaries of Lake Ladoga (Russia) // *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2017. No. 15(4). P. 1511–1540.

Napiórkowski P., Napiórkowska T. The diversity and longitudinal changes of zooplankton in the lower course of a large, regulated European river (the lower Vistula River, Poland) // *Biologia.* 2013. Vol. 68, iss. 6. P. 1163–1171.

Neiff J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná // *Interciencia.* 1990. No. 15. P. 424–441.

Trifonova I., Pavlova O., Rusanov A. Phytoplankton as an indicator of water quality in the rivers of the Lake Ladoga basin and its relation to environmental factors // *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 2007. Bd. 167, no. 3-4. P. 527–549.

## References

Aleshina D. G., Kurashov E. A., Rodionova N. V., Guseva M. A. The current state of the spring zooplankton in the tributaries of Lake Ladoga. *Voda: khimiya i ekologiya = Water: Chemistry and Ecology.* 2014;4: 64–71. (In Russ.)

Aleshina D. G., Afanas'eva A. L. Assessment of the ecological state of the small rivers – tributaries of Lake Ladoga. *Ekosystemy malykh rek: bioraznoobrazie, ekologiya, okhrana: Materialy II Vseros. shk.-konf. (Yaroslavl', 18–22 noyabrya 2014 g.) = Ecosystems of small rivers: Biodiversity, ecology, and conservation: Proceed. of the II All-Russian school-conference (Yaroslavl, Nov. 18–22, 2014).* Vol. II. Yaroslavl: Filigran; 2014. P. 13–16. (In Russ.)

An identification guide to zooplankton and zoobenthos in the fresh waters of European Russia. Vol. 1: Zooplankton. Moscow: KMK; 2010. 495 p. (In Russ.)

Andronikova I. N. Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems. St. Petersburg: Nauka; 1996. 189 p. (In Russ.)

Antonov E. A. Landscapes and hydrology of salmon rivers of Lake Ladoga. A reference book. St. Petersburg: Komplex; 2003. 316 p. (In Russ.)

Balushkina E. V., Vinberg G. G. The relationship between weight and body length in planktonic animals. *Obshchie osnovy izucheniya vodnykh ekosistem = General framework for studying aquatic ecosystems.* Leningrad: Nauka; 1979. P. 169–172. (In Russ.)

Bozelli R. L., Thomaz S. M., Padial A. A., Lopes P. M., Bini L. M. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia.* 2015;753:233–241.

Filatov N. N., Litvinenko A. V. (eds.). A catalogue of lakes and rivers in Karelia. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2001. 286 p. (In Russ.)

Junk W. J., Bayley P. B., Sparks R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.* 1989;106:110–127.

Komulainen S. F., Lozovik P. A., Kruglova A. N., Baryshev I. A., Galibina N. A. Assessment of the

ecological state of the rivers on the northern coast of Lake Ladoga by chemical parameters and the structure of hydrobiocenoses. *Vodnye resursy = Water Resources.* 2016;43(3):277–286. doi: 10.7868/S0321059616030093 (In Russ.)

Komulainen S. F., Lozovik P. A., Kruglova A. N., Baryshev I. A., Slastina U. L., Galibina N. A. Current state of the Syuskyuyanjoki River (Lake Ladoga basin, Republic of Karelia). *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS.* 2017;7:19–33. doi: 10.17076/bg597 (In Russ.)

Kruglova A. N. Zooplankton of the Kola River (Barents Sea basin). *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS.* 2009;4:85–89. (In Russ.)

Krylov A. V. Zooplankton of small plain rivers. Moscow: Nauka; 2005. 263 p. (In Russ.)

Krylov A. V. Changes in the structural organization of zooplankton in a small river under conditions of different flow rates. *Biologiya vnutrennikh vod = Inland Water Biology.* 2002;2:51–54. (In Russ.)

Kulikova T. P. Zooplankton of water bodies in the northern part of the Lake Ladoga basin. Petrozavodsk: KarRC RAS; 2012. 192 p. (In Russ.)

Kulikova T. P. Study of zooplankton in water bodies of the Republic of Karelia. *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN = Transactions of Karelian Research Centre RAS.* 2013;6:63–75. (In Russ.)

Kurashov E. A., Aleshina D. G., Guseva M. A., Petrova T. N., Krylova J. V. The role of environmental factors in the formation of zooplankton in tributaries of Lake Ladoga (Russia). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 2017;5(4):1511–1540.

Lozovik P. A., Galakhina N. E., Kravchenko I. U. The current state of the water bodies of Karelia as a result of the impact of natural, climatic, and anthropogenic factors. *Vodnoe khozyaistvo Rossii = Water Economy of Russia.* 2017;3:24–39. (In Russ.)

Makrushin A. V. Biological analysis of water quality. Leningrad: ZIN AS USSR; 1974. 60 p. (In Russ.)

Methodological recommendations for collecting and processing materials during hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products. Leningrad: GosNIORKh, ZIN AN SSSR; 1982. 33 p. (In Russ.)

Napiórkowski P., Napiórkowska T. The diversity and longitudinal changes of zooplankton in the lower course of a large, regulated European river (the lower Vistula River, Poland). *Biologia.* 2013;68(6):1163–1171.

Neiff J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia.* 1990;15:424–441.

Pesenko U. A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic research. Moscow: Nauka; 1982. 288 p. (In Russ.)

Petrova T. N., Guseva M. A. Hydrochemical regime and water quality assessment of the tributaries of Lake Ladoga. *Nauchnoe obespechenie realizatsii "Vodnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 g" = Scientific support for the implementation of the 'Water Strategy of the Russian Federation for the Period until 2020'.* 2015;1:457–464. (In Russ.)

Raspletina G. F., Kulish T. P., Petrova T. N. Hydrochemical description of the rivers – tributaries of Lake Ladoga and the Neva River. *Otsenka*

*ekologicheskogo sostoyaniya rek basseina Ladojskogo ozera po gidrokhimicheskim pokazatelyam i structure gidrobiotsenozov = Assessment of the ecological state of rivers in the Lake Ladoga basin by hydrochemical indicators and the structure of hydrobiocenoses.* St. Petersburg: Lema; 2006. P. 11–35. (In Russ.)

*Ryabinkina M. G., Kulikova T. P., Ryjkov L. P.* Zooplankton of reservoirs of the Northern Ladoga basin. *Trudy Karelskogo nauchnogo centra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* 2012;1:113–125. (In Russ.)

*Ryzhkov L. P.* Lakes in the basin of northern Ladoga. Petrozavodsk: PetrSU; 1999. 201 p. (In Russ.)

State water cadastre. Main hydrological characteristics (for 1971–1975 and the entire observation period). Vol. 2. Karelia and the North-West. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1978. 670 p. (In Russ.)

*Syarki M. T., Fomina U. U.* Seasonal changes in zooplankton of the Petrozavodsk Bay of Lake Onego. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* 2015(1):63–68. doi: 10.17076/eco37 (In Russ.)

*Trifonova I., Pavlova O., Rusanov A.* Phytoplankton as an indicator of water quality in the rivers of the Lake Ladoga basin and its relation to environmental factors. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 2007;167(3-4):527–549.

*Поступила в редакцию / received: 12.05.2022; принята к публикации / accepted: 25.08.2022.*  
*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.*

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Алешина Дина Гильмитдиновна**

младший научный сотрудник лаборатории водных биоресурсов

*e-mail: dinaaleshina\_21@gmail.com*

**Курашов Евгений Александрович**

д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией гидробиологии

*e-mail: evgeny\_kurashov@mail.ru*

**Гусева Мария Андреевна**

научный сотрудник лаборатории гидрохимии

*e-mail: velapandere@gmail.com*

**Петрова Татьяна Николаевна**

младший научный сотрудник лаборатории гидрохимии

*e-mail: tatianik@mail.ru*

#### **CONTRIBUTORS:**

**Aleshina, Dina**

Junior Researcher

**Kurashov, Evgeny**

Dr. Sci (Biol.), Professor, Head of Laboratory

**Guseva, Maria**

Researcher

**Petrova, Tatyana**

Junior Researcher