



Check for updates

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-3-331-343><http://zoobank.org/References/A6F979FA-4E7C-4146-8158-6328E48CF06E>

УДК 574.583:592(282.247.1)

## Зоопланктон озера Арейское (бассейн реки Ингода, Забайкальский край)

Е. Ю. Афонина

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, ул. Недорезова, д. 16а, 672014, г. Чита, Россия

### Сведения об авторе

Афонина Екатерина Юрьевна  
E-mail: [kataf@mail.ru](mailto:kataf@mail.ru)  
SPIN-код: 7861-7140  
Scopus Author ID: 35168425700  
ResearcherID: J-6340-2016  
ORCID: 0000-0002-4385-7747

**Права:** © Автор (2021). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

**Аннотация.** Работа содержит результаты исследований зоопланктона оз. Арейское (бассейн р. Ингода), проведенных в 2019–2020 гг. Фауна беспозвоночных планктона озера представлена 50 видами (Rotifera — 26, Cladocera — 18, Copepoda — 6). В видовом составе преобладали представители с широкой экологической валентностью. Коловратки *Brachionus angularis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Bosmina longirostris* и ракообразные *Daphnia cristata*, *D. galeata*, *Neurodiaptomus incongruens*, *Cyclops vicinus* являлись постоянными компонентами зоопланктона озера. Средние значения общей численности изменялись от 64,62 до 1249,01 тыс. экз./м<sup>3</sup>, общей биомассы — от 710,58 до 2053,48 мг/м<sup>3</sup>. Сезонная динамика количественных показателей гидробионтов характеризовалась весенним пиком и летним снижением. Основными элементами зоопланктоценоза во все сезоны года являлись коловратки (*Synchaeta pectinata*, *S. kitina*, *P. dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *K. longispina*, *Filinia longiseta*) и веслоногие рачки (*N. incongruens*, *C. vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*). По условному разделению значений индекса Шеннона — Уивера обследованный водоем относится к олиго-мезотрофному типу.

**Ключевые слова:** зоопланктон, видовой состав, структура, численность, биомасса, сезонная динамика, озеро Арейское.

## Zooplankton of the Areiskoye Lake (Ingoda River basin, Trans-Baikal Territory)

E. Yu. Afonina

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, 16a Nedorezova str., 672014, Chita, Russia

### Author

Ekaterina Yu. Afonina  
E-mail: [kataf@mail.ru](mailto:kataf@mail.ru)  
SPIN: 7861-7140  
Scopus Author ID: 35168425700  
ResearcherID: J-6340-2016  
ORCID: 0000-0002-4385-7747

**Copyright:** © The Author (2021). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

**Abstract.** The data on zooplankton in the Areiskoye Lake (Ingoda River basin) researched in 2019–2020 are presented in this paper. The plankton fauna of invertebrates is represented by 50 species (Rotifera — 26 taxa, Cladocera — 18 taxa, Copepoda — 6 taxa). Species with a wide ecological valence dominated in the zooplankton species composition. Rotifers *Brachionus angularis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, *Bosmina longirostris* and crustaceans *Daphnia cristata*, *D. galeata*, *Neurodiaptomus incongruens*, *Cyclops vicinus* were constant in the lake during studied period. The total abundance averaged from  $64.62 \times 10^3$  to  $1249.01 \times 10^3$  ind./m<sup>3</sup>, the average biomass varied from 710.58 to 2053.48 mg/m<sup>3</sup>. Seasonal dynamics of quantitative indicators of zooplankton is characterised by a spring peak and a summer decline. Dominant complex of zooplankton consisted of rotifers (*Synchaeta pectinata*, *S. kitina*, *P. dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *K. longispina*, *Filinia longiseta*) and copepods (*N. incongruens*, *C. vicinus*, *Mesocyclops leuckarti*). According to the Shannon — Weaver's index values (by abundance), the lake belongs to the oligo-mesotrophic type.

**Keywords:** zooplankton, species composition and structure, abundance, biomass, distribution, seasonal dynamics, Areiskoye Lake.

## Введение

Озеро Арейское (Арей) является памятником природы регионального значения с 1980 г., расположено вблизи Великого мирового водораздела, отделяющего бассейны рек Тихого и Северного Ледовитого океанов. Озеро находится на высоте 996 м над у. м. в седловине между Малханским и Яблоновым хребтами, в 240 км юго-западнее г. Читы — краевого центра Забайкалья. Озеро относится к Амурскому бассейну и имеет подземный сток в руч. Дабатый, впадающий в р. Танга (бассейн р. Ингода — приток р. Шилка). Водоем имеет овальную форму, вытянут с севера на юг. Береговая линия слабоизрезана. Западный и северный берега озера пологие, илистые, заросшие прибрежной травянистой растительностью. Северо-восточный и восточный берега — песчаные с хорошим чистым пляжем, переходящим в береговой вал со смешанными зарослями из березы, сосны, лиственницы. В юго-восточной и южной частях озера узкий участок прибрежной песчаной отмели и пляжа переходит в обрывистый берег, заросший преимущественно березняком на юго-востоке и востоке и сосновым лесом на юге. В озеро не впадают реки, оно подпитывается за счет атмосферных осадков и подземных вод (Лазаревская и др. 2009; Помазкова, Лазаревская 2012). Водосборный бассейн занимает территорию 17,1 км<sup>2</sup> (Шабалин 1966). Длина озера составляет 3,1 км, ширина — 2 км, длина береговой линии — 8,5 км, площадь водной поверхности — 4,6 км<sup>2</sup>, наибольшая глубина — 13,5 м, средняя глубина — 4–8 м. Наибольшие глубины находятся в северо-восточной части озера, наименьшие — в южной части (Лазаревская и др. 2009).

Вода в озере прозрачная, без запаха, по степени минерализации — пресная, по химическому составу — гидрокарбонатная магниево-кальциевая, слабощелочной реакции. Дно озера вблизи берегов покрыто водной растительностью и выстлано серыми песками, черными и коричневыми илами (Помазкова, Лазаревская 2012).

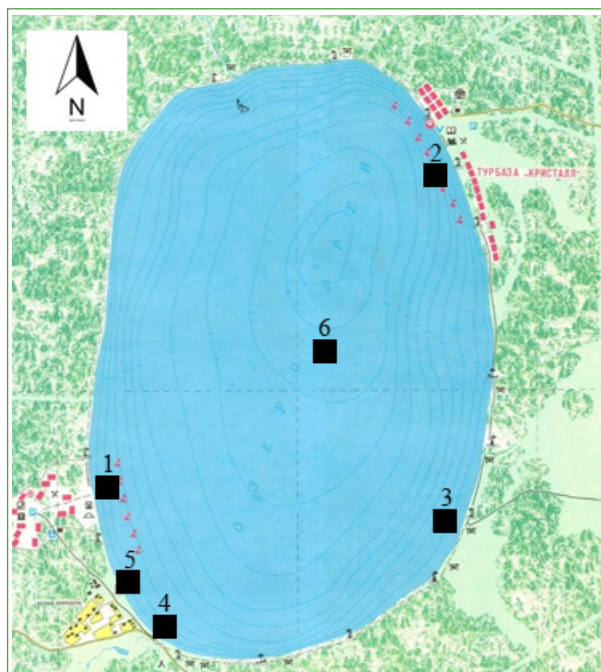
Климатические условия района исследований характеризуются значительными контрастами, обусловленными общей циркуляцией атмосферы и орографическими особенностями местности. Средняя

годовая температура воздуха составляет от  $-2,0^{\circ}\text{C}$  до  $-3,2^{\circ}\text{C}$ . Наиболее холодный месяц — январь. Продолжительность устойчивых морозов достигает 140 дней. Самый теплый месяц — июль. Продолжительность безморозного периода составляет 79–84 дня. Замерзает озеро в конце октября, вскрывается в конце мая — начале июня. Толщина льда достигает 130–140 см. Озеро покрыто снегом весь зимний период (Помазкова, Лазаревская 2012).

На озере отмечается организованная рекреация (базы отдыха и относящиеся к ним побережья) и неорганизованная — за пределами баз отдыха, включая всю остальную часть побережья озера (Помазкова, Лазаревская 2012).

## Материалы и методы исследований

Исследования зоопланктона оз. Арейское проводились в 2019–2020 гг. и охватили все биологические сезоны (осень (сентябрь), зима (декабрь), весна (март) и лето (июль)). Исследования проводились на 5 прибрежных станциях и в центре водоема (рис. 1).



**Рис. 1.** Карта-схема расположения станций отбора проб в оз. Арейское в 2019–2020 гг.  
**Fig. 1.** Schematic map of the sampling station locations in the Areiskoye Lake in 2019–2020: 1 — N 50°59.8657', E 111°14.1410'; 2 — N 50°59.8836', E 111°15.4172'; 3 — N 50°58.7316', E 111°15.0106'; 4 — N 50°58.7474', E 111°14.1384'; 5 — N 50°59.0378', E 111°13.9848'; 6 — N 50°59.3193', E 111°14.0639'

Орудиями лова служили сеть Джеди средней модели (диаметр входного отверстия 25 см, фильтрующий конус из капронового сита с диаметром ячеей 0,064 мм) и гидробиологический сачок (фильтрующий конус из капронового сита с диаметром ячеей 0,073 мм), через который проливали до 100 л воды. При фиксировании образцов применялся 40%-ный раствор формальдегида. Камеральная обработка проб проводилась в лабораторных условиях с использованием стандартной количественно-весовой методики (Киселев 1969) в камерах Богорова и Кольквитца под микроскопами Альтами БИО 8 и МБС-10. Данные по биомассе зоопланктона получали путем определения индивидуально веса организмов с учетом их размера (Ruttner-Kolisko 1977; Балушкина, Винберг 1979). Идентификацию видов зоопланктона проводили по определителям (Кутикова 1970; Смирнов 1971; Боруцкий и др. 1991; Цалолихин 1995).

Для оценки разнообразия сообщества использовали индексы видового разнообразия Шеннона — Уивера по численности (Мэггаран 1992). При выявлении комплекса структурообразующих видов зоопланктона применяли функцию рангового распределения относительно обилия видов (Федоров, Гильманов 1980). Значение отдельных видов в формировании зоопланктона рассматривали по его встречаемости в пространстве (Цимдинь 1978; Баканов 2005) и по порядку доминирования (Кожова 1970). Для оценки изменчивости таксономической структуры зоопланктонного сообщества использовали индикационные показатели (доля основных таксономических групп (%) по численности ( $N_{rot} : N_{clad} : N_{cop}$ ), то же (%) по биомассе ( $B_{rot} : B_{clad} : B_{cop}$ )) (Андроникова 1996).

### Результаты исследований и их обсуждение

#### Характеристика станций отбора проб

Глубина оз. Арейское в месте отбора проб варьировала от 0,3 до 6,0 м. В центральной части водоема глубина составляла 9,3–10,0 м. Прозрачность воды изменялась от 1,9 (в сентябре) до 4,5 м (в марте). Температура поверхностных слоев воды во время открытой воды составляла от 12,8–14,1 до 19,8–23,2°C, в ледостав — от

0,1–2,9 до 3,7–4,0°C. В глубоководной зоне озера разница температур между верхними и нижними горизонтами отличалась на 0,9–5,3°C. В сентябре и июле температура воды с глубиной снижалась, в декабре и марте — повышалась. Толщина льда составляла 0,8–1,1 м, снежное покрытие — 100% (табл. 1).

**Видовое разнообразие** зоопланктона оз. Арейское слагалось из 50 видов, среди них 26 видов Rotifera (52% от общего числа видов), 18 — Cladocera (36%) и 6 — Copepoda (12%) (табл. 2).

В зоогеографическом отношении большинство отмеченных видов зоопланктона отнесены к видам с широким ареалом (космополиты и голаркты по 38%), палеарктами являются 13% всех обнаруженных видов. Также в составе зоопланктона выявлены представители Эфиопской, Неотропической и Ориентальной областей (4%). По биотопической приуроченности преобладают эврибионтные виды (41%), на долю литоральных приходится 20%, планктонные и фитофильные виды составляют соответственно 18 и 15%, к бентическим относятся 6% всех видов беспозвоночных (табл. 2).

В сезонном аспекте общее число видов изменялось от 18 (в марте) до 33 (в июле). Наибольшее разнообразие коловраток отмечалось осенью, ракообразных — летом. Постоянными компонентами планктона являлись среди коловраток: *Brachionus angularis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, среди ракообразных — *Bosmina longirostris*, *Daphnia cristata*, *D. galeata*, *Neurodiaptomus incongruens*, *Cyclops vicinus* (табл. 2).

По частоте встречаемости (pF) зоопланктон был разделен на три группы. Первая — это константные виды, pF которых составил в целом за весь период исследований более 50%. К ним отнесены 11 видов (в порядке убывания pF): *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *P. dolichoptera*, *N. incongruens*, *C. vicinus*, *K. longispina*, *B. angularis*, *Filinia longiseta*, *B. longirostris*, *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta kitina*. Вторая — второстепенные виды (pF равен 20–50%): *Synchaeta pectinata*, *Mesocyclops leuckarti*,

Таблица 1  
Координаты, глубина отбора, прозрачность и температура воды оз. Арейское  
в 2019–2020 гг.

Table 1  
GPS, sampling depth, water transparency and temperature of the Areiskoye Lake  
in 2019–2020

Дата отбора	№ станции	Глубина отбора проб, м	Прозрачность, м	Температура воды, °С*
17.09.2019	1	0,3	до дна	14,1
	2	1,1	до дна	13,2
	3	0,3	до дна	14,4
	4	0,6	до дна	12,8
	6	10,0	1,9	13,6/12,7
21.12.2019	1	1,4	до дна	0,9
	2	6,0	2,5	1,1
	3	1,8	до дна	0,1
	4	1,3	до дна	0,8
	5	1,3	до дна	0,8
	6	9,3	2,7	2,9/4,4
03.03.2020	1	2,0	до дна	4,0
	2	5,3	4,5	3,7
	3	2,8	до дна	3,9
	4	1,6	до дна	3,7
	5	3,6	до дна	4,0
	6	9,7	4,5	4,0/4,9
30.07.2020	1	1,4	до дна	22,3
	2	4,8	2,1	20,8
	3	1,1	до дна	22,2
	4	1,4	до дна	22,3
	5	0,5	до дна	23,2
	6	9,9	2,2	19,8/14,5

Примечание: \* — для ст. 6 температура воды дана для поверхности и у дна.

Note: \* — for station 6, the water temperature is given for the surface and at the bottom.

*D. galeata*, *D. cristata*, *Chydorus sphaericus*, *Conochiloides coenobasis*, *Acroperus harpae*. В группу случайных входят все остальные виды, их встречаемость менее 20% (табл. 3).

Количество доминантов, выявленных в течение всего периода изучения при нижней границе доминирования не менее 5%, составило 20 видов (40% от общего количества видов). Из этого числа таксонов, на основе учета частоты доминирования (DF), были выделены две группы. К первой отнесены 8 видов, определяющих фон ценоза, то есть занимающих когда-либо первые места по численности (в порядке убывания DF): *C. vicinus*, *K. longispina*, *P. dolichoptera*, *S. kitina*, *K. cochlearis*, *N. incongruens*, *K. quadrata*, *M. leuckarti*. Зна-

чение DF в этой группе изменялось от 22 до 48%. Вторую группу составляли остальные виды — субдоминанты, входящие когда-либо в число доминирующего комплекса. Индекс частоты доминирования варьировал в пределах 4–39. Таким образом, наиболее часто встречающиеся виды являлись и доминантными, однако строгой закономерности в этом нет. Например, вид *D. galeata*, встречаясь довольно часто в водоеме (pF = 39), играл незначительную роль в формировании численности зоопланктона (табл. 3).

Порядок доминирования, являющийся результатом комбинирования частоты доминирования и частоты встречаемости, дает представление о роли отдельных мас-

Таблица 2

Видовой состав и эколого-географическая характеристика зоопланктона оз. Арейское в 2019–2020 гг.

Table 2

Species composition and ecological and geographical characteristic of zooplankton in the Areiskoye Lake in 2019–2020

Таксон 1	Зоо- география 2	Место- обитание 3	Встречаемость			
			осень 4	зима 5	весна 6	лето 7
<b>Rotifera</b>						
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	Г, О	Eut	+	+	–	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	К	Eut	+	+	+	–
<i>A. silvestris</i> Daday, 1902	Г	Pl	+	–	–	–
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	К	Eut	+	+	+	+
<i>Cephalodella</i> sp.	—	—	+	–	–	–
<i>Conochiloides coenobasis</i> Skorikov, 1914	Г	Eut	–	+	+	–
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank, 1803)	К	Pl	+	–	–	–
<i>Euchlanis deflexa</i> Gosse, 1851	К	L	+	–	–	–
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	–	–	–	+
<i>E. lyra</i> Hudson, 1886	П	L	+	–	–	–
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	Г	Eut	+	+	+	–
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	Г	Pl	+	+	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	К	Eut	+	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)	К	Eut	+	+	+	+
<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)	К	Ph	–	–	–	+
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)	К	Pl	–	+	+	–
<i>Notommata</i> sp.	—	—	–	–	–	+
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	Г	Eut	–	–	–	+
<i>T. longiseta</i> (Schrank, 1802)	Г	Eut	+	–	–	–
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	П	Eut	+	–	–	–
<i>P. dolichoptera</i> Idelson, 1925	П	Eut	+	+	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	Г	L	+	–	–	+
<i>Synchaeta kitina</i> Rousselet, 1902	Г	Pl	–	+	+	+
<i>S. pectinata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	+	+	+	–
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	К	Eut	–	–	–	+
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	Г	Eut	+	–	–	–
<b>Cladocera</b>						
<i>Acroperus harpae</i> Baird, 1843	К	L, Ph	+	–	–	+
<i>Alona costata</i> Sars, 1862	К	L, Ph	–	–	–	+
<i>A. guttata</i> Sars, 1862	К	L, Ph	–	–	–	+
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)	К	Eut	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	Г	Eut	–	–	–	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	К	Eut	+	+	–	+
<i>Coronatella rectangula</i> Sars, 1862	К	Eut	–	–	–	+
<i>Daphnia crustata</i> Sars, 1862	П	Pl	+	+	+	+
<i>D. galeata</i> Sars, 1864	Г	Pl	+	+	+	+
<i>Diaphanasoma brachyurum</i> (Lievins, 1848)	Г	Pl	–	–	–	+

Таблица 2. Окончание  
Table 2. Completion

1	2	3	4	5	6	7
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	Г	L	+	–	–	–
<i>Eurycercus lamellatus</i> (Müller, 1785)	Г, Э, Н	Bt, Ph	+	–	–	+
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	Г	Pl	–	–	–	+
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	Г	Bt	+	–	–	–
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	К	L	+	–	–	–
<i>Pseudochydorus globbosus</i> (Baird 1843)	Г	Ph	–	–	–	+
<i>Sida crystallina</i> (Müller, 1776)	П	Ph	–	–	–	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (Müller, 1776)	П	Ph, L	–	–	–	+
<b>Сопепода</b>						
<i>Neurodiaptomus incongruens</i> (Poppe, 1888)	П	Pl	+	+	+	+
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	П	Eut	+	+	+	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	К	Eut	–	+	–	+
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine, 1820)	Г	Bt, L	+	–	+	+
<i>M. distinctus</i> (Richard, 1887)	П	L	–	–	+	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	П	Eut	+	–	–	+
Всего таксонов			31	19	18	32

Примечание: «–» — данных нет, «+» — вид присутствует, «–» — вид отсутствует. Зоогеография: К — космополит, Г — Голарктическая область, П — Палеарктическая область, Э — Эфиопская область, Н — Неотропическая область, О — Ориентальная область. Местообитание: Pl — планктонный, Bt — бентический, L — литоральный, Ph — фитофильный, Eut — эвритопный.

Note: “–” — no data, “+” — species present, “–” — species no present. Zoogeography: K — cosmopolitan, G — Holarctic region, P — Palaearctic region, E — Ethiopian region, N — Neotropical region, O — Oriental region. Habitat: Pl — planktonic, Bt — benthic, L — littoral, Ph — phytophilic, Eut — eurytopic.

Таблица 3

Частота встречаемости (pF), частота доминирования (DF) и порядок доминирования (Dt) массовых видов зоопланктона оз. Арейское в 2019–2020 гг.

Table 3

Frequency of occurrence (pF), frequency of dominance (DF) and order of dominance (Dt) of the dominant zooplankton species in the Areiskoye Lake in 2019–2020

Вид	pF	DF	Dt	Вид	pF	DF	Dt
<i>Cephalodella</i> sp.	4	4	100	<i>Brachionus angularis</i>	61	30	49
<i>Disparalona rostrata</i>	4	4	100	<i>Euchlanis dilatata</i>	9	4	44
<i>Pleuroxus aduncus</i>	4	4	100	<i>Trichotria pocillum</i>	9	4	44
<i>Asplanchna priodonta</i>	52	39	75	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	83	35	42
<i>Cyclops vicinus</i>	83	48	58	<i>Keratella cochlearis</i>	87	30	34
<i>Synchaeta kitina</i>	52	30	58	<i>Neurodiaptomus incongruens</i>	83	26	31
<i>Filinia longiseta</i>	57	30	53	<i>Synchaeta pectinata</i>	48	13	27
<i>Polyarthra vulgaris</i>	17	9	53	<i>Daphnia cristata</i>	35	9	26
<i>Mesocyclops leuckarti</i>	43	22	51	<i>Keratella quadrata</i>	91	22	24
<i>Kellicottia longispina</i>	70	35	50	<i>Bosmina longirostris</i>	57	13	23

**Таблица 4**  
**Индексы видового разнообразия ( $H_n$ ) и доминантности ( $I_d$ ) зоопланктона оз. Арейское в 2019–2020 гг.**

**Table 4**  
**Indices of the zooplankton species diversity ( $H_n$ ) and dominance ( $I_d$ ) in the Areiskoye Lake in 2019–2020**

Сезон	осень	зима	весна	лето
$H_n$ , бит/экз.	$\frac{1,95-3,58}{2,51\pm 0,28}$	$\frac{1,56-3,15}{2,27\pm 0,26}$	$\frac{1,67-2,82}{2,07\pm 0,20}$	$\frac{1,99-3,50}{2,73\pm 0,24}$
$I_d$	$\frac{0,12-0,37}{0,22\pm 0,04}$	$\frac{0,19-0,52}{0,35\pm 0,05}$	$\frac{0,26-0,49}{0,36\pm 0,03}$	$\frac{0,13-0,46}{0,21\pm 0,05}$

Примечание: в числителе — min–max, в знаменателе — mean±SD.  
 Note: in the numerator — min–max, in the denominator — mean±SD.

совых видов в сообществе (Кожова 1970). Отсюда наибольшей значимостью в планктонном сообществе обладала коловратка *A. priodonta* с Dt, равным 75. К наименее значимому виду (Dt = 23) отнесена кладоцера *B. longirostris* с высоким значением pF = 57. Три вида (*Cephalodella* sp., *Disparalona rostrata*, *Pleuroxus aduncus*) при расчете значимости видов не принимались во внимание. Поскольку они регистрировались в планктоне озера однажды (в сентябре на ст. 1) с долей по численности, равной 9% (табл. 3).

Средние значения индекса Шеннона — Уивера изменялись от  $2,07 \pm 0,20$  (в марте) до  $2,73 \pm 0,24$  (в июле) (табл. 4). Эти значения по шкале (Андроникова 1996) соответствуют олиго-мезотрофному типу трофности водоема.

**Сезонная динамика количественных показателей зоопланктона**

Осенний зоопланктон формировали 30 видов беспозвоночных (при варьировании по станциям отбора проб от 9 до 17 видов). Общая численность гидробионтов в среднем составляла  $188,9 \pm 48,92$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, общая биомасса —  $1303,98 \pm 696,54$  мг/м<sup>3</sup>. Исходя из процентного соотношения численности основных таксономических групп, зоопланктоценоз (кроме ст. 4) характеризовался как ротаторный (58–79%) с ведущими видами: *K. quadrata* (5–39% всей численности), *K. cochlearis* (5–26%), *S. pectinata* (6–20%). Содоминантами являлись веслоногие раки, в составе которых преобладали младшевозрастные стадии *C. vicinus* (7–27%)

**Таблица 5**  
**Показатели разнообразия и структуры зоопланктона оз. Арейское в сентябре 2019 г.**

**Table 5**  
**Zooplankton diversity and structure indicators in the Areiskoye Lake in September 2019**

№ станции	1	2	3	4	6	
Число видов	12	11	16	9	17	
N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	27,43	371,04	172,91	174,0	199,12	
N%	коловратки	64	79	58	29	72
	копеподы	36	20	14	71	22
	кладоцеры	0	1	27	0	6
B, мг/м <sup>3</sup>	50,04	758,71	288,67	4334,17	1088,33	
B%	коловратки	63	56	33	1	26
	копеподы	37	43	10	99	61
	кладоцеры	0	1	57	0	13

Примечание, здесь и в табл. 6–8: N%, B% — соотношение количественных показателей основных таксономических групп по численности и биомассе.  
 Note, here and in table. 6–8: N%, B% — the ratio of quantitative indicators of the main taxonomic groups in terms of abundance and biomass.

Таблица 6

Показатели разнообразия и структуры зоопланктона оз. Арейское в декабре 2019 г.

Table 5

Zooplankton diversity and structure indicators in the Areiskoye Lake in December 2019

№ станции	1	2	3	4	5	6	
Число видов	9	17	9	11	10	12	
N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	232,56	177,59	86,05	144,95	355,72	245,24	
N%	коловратки	44	65	30	46	81	45
	копеподы	55	33	70	54	19	43
	клатоцеры	1	2	0	0	0	12
B, мг/м <sup>3</sup>	891,56	1287,88	1289,93	531,70	485,03	2761,38	
B%	коловратки	40	38	21	57	46	13
	копеподы	58	58	79	43	54	70
	клатоцеры	3	4	0	0	0	17

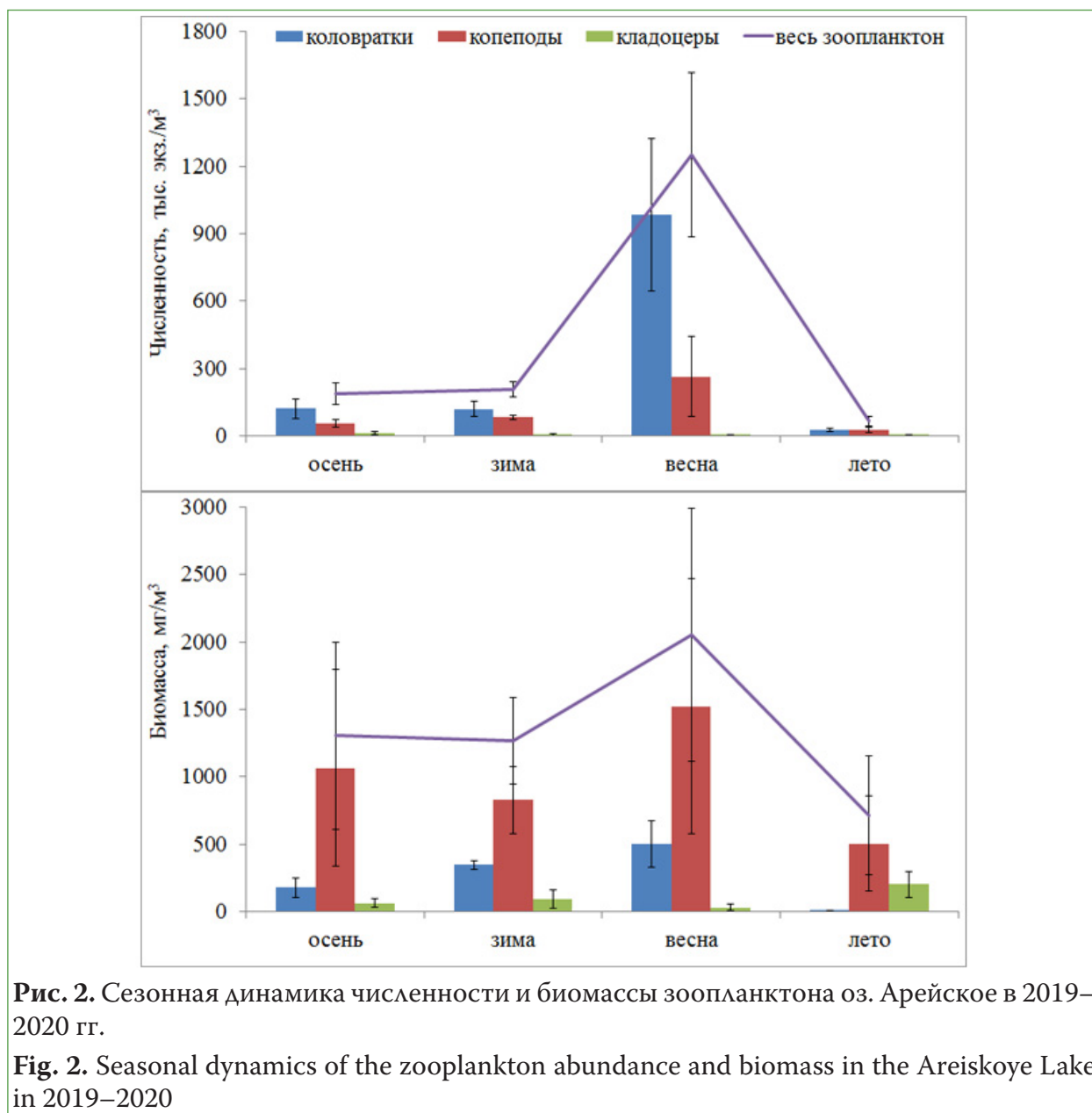


Рис. 2. Сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона оз. Арейское в 2019–2020 гг.

Fig. 2. Seasonal dynamics of the zooplankton abundance and biomass in the Areiskoye Lake in 2019–2020



и *N. incongruens* (6–59%). Наибольшая концентрация веслоногих рачков, а именно диаптомид, отмечалась на ст. 4 (71% всей численности). Ветвистоусые встречались редко, их наибольшая плотность регистрировалась на ст. 3, где в массе встречались хидориды (*P. aduncus*, *D. rostrata*, *Monospilus dispar*, *Eurycercus lamellatus*). Основу общей биомассы зоопланктона формировали как копеподы (10–99%), так и коловратки (1–63%) (табл. 5, рис. 2).

Количественные показатели зооценоза зимой практически не изменились по сравнению с сентябрем и в среднем составили  $207,02 \pm 34,79$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и  $1207,91 \pm 312,09$  мг/м<sup>3</sup>. По акватории озера преобладали коловратки (30–81% общей численности зоопланктона) и копеподы (19–70%). Среди Rotifera в состав доминирующего комплекса входили *K. quadrata* (11–22%), *F. longiseta* (9–18%), *P. dolychoptera* (7–23%), *A. priodontia* (5–16%), *B. angularis* (6–9%), *S. kitina* (13–56%). Среди копепод преобладали науплиальные и копеподитные стадии *C. vicinus*. Ветвистоусые раки (преимущественно *B. longirostris*) отмечались редко, их высокая плотность (17% всей численности зоопланктона) отмечалась на ст. 6. Наибольший вклад в создание общей биомассы зоопланктона принадлежал копеподам (43–79%). Всего зарегистрировано 19 видов (при варьировании от 9 до 17 видов) (табл. 6, рис. 2).

Весенний зоопланктон характеризовался интенсивным развитием ротаторного комплекса (до 100% всей численности зоопланктона). Значение общей численно-

сти зоопланктона в среднем возросло до  $1249,01 \pm 365,46$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, общая биомасса —  $2053,48 \pm 935,13$  мг/м<sup>3</sup>. Структурообразующий комплекс формировали *S. kitina* (до 66%, с наибольшей концентрацией на ст. 1 и 5), *P. dolychoptera* (до 22%, ст. 1 и 4), *B. angularis* (6–36%, ст. 3 и 4), *F. longiseta* (до 20%, ст. 2, 4, 5). Вторым по значимости был *C. vicinus* (57%) в стадии науплий и первых копеподитов. Фауна кладоцер состояла из редких экземпляров дафний и босмин. Основу биомассы формировал *C. vicinus* (до 93% всей биомассы). Количество обнаруженных видов на отдельных станциях озера составляло 8–12, всего отмечено 18 видов (табл. 7, рис. 2).

Летний планктон был самым богатым в видовом отношении. Всего идентифицировано 33 вида, при варьировании от 11 до 21 таксона. Однако количественные показатели уменьшились в среднем до  $64,62 \pm 21,44$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и  $710,58 \pm 440,56$  мг/м<sup>3</sup>. Наибольшая концентрация животных отмечалась в центральной части озера (ст. 6), минимальная — на юго-западном и юго-восточном побережьях (ст. 3 и 5). Состав доминантов состоял из 3–6 видов, при этом ядро сообщества определяли *K. longispina* (20–66%) и *M. leuckarti* в стадии науплий и копеподитов (12–35%). Основу биомассы формировали ракообразные (*D. crystata* (14–33%), *C. quadrangula* (до 35%), *M. leuckarti* (19–82), *N. incongruens* (13–28%), *C. vicinus* (до 33%) (табл. 8, рис. 2).

Летнее снижение обилия гидробионтов в озере, возможно, связано с фазой «чистой воды» (Трифорова 1990) или летней

Показатели разнообразия и структуры зоопланктона оз. Арейское в марте 2020 г.

Table 7  
Zooplankton diversity and structure indicators in the Areiskoye Lake in Mart 2020

№ станции	1	2	3	4	5	6	
Число видов	12	12	10	8	8	10	
N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	2487,65	245,28	2160,10	806,85	1601,83	192,35	
N%	коловратки	52	43	96	100	94	38
	копеподы	47	57	4	0	6	57
	кладоцеры	1	0	0	0	0	5
B, мг/м <sup>3</sup>	1306,28	769,90	7130,99	523,40	1351,43	1238,87	
B%	коловратки	13	7	85	99	49	2
	копеподы	82	93	15	1	51	86
	кладоцеры	5	0	0	0	0	12

Таблица 8

Показатели разнообразия и структуры зоопланктона оз. Арейское в июле 2020 г.

Table 8

Zooplankton diversity and structure indicators in the Areiskoye Lake in July 2020

№ станции	1	2	3	4	5	6	
Число видов	14	18	11	21	16	12	
N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	79,06	117,59	7,15	30,65	10,36	142,93	
N%	коловратки	45	65	81	44	68	25
	копеподы	39	23	17	32	24	60
	клагоцеры	16	12	2	24	8	15
B, мг/м <sup>3</sup>	590,73	507,05	40,57	37,78	20,16	3067,16	
B%	коловратки	1	6	18	1	8	0
	копеподы	70	91	33	32	40	79
	клагоцеры	29	3	39	67	52	21

депрессией (Горлачев 1972). Это период, характеризующийся сменой одного комплекса гидробионтов (в нашем случае — летних теплолюбивых (стенотермных)) на другой (осенний более холодолюбивый (эвритермный)). Низкие количественные показатели беспозвоночных планктона отмечались и в августе 2011 г. (27,13–59,20 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 367,32–834,82 мг/м<sup>3</sup>) (Кривенкова 2011).

30 августа 2011 г. (Кривенкова 2011) основным компонентом фауны беспозвоночных планктона были копеподы, среди которых преобладал эвритопный вид, характерный для пелагиали *C. vicinus*. По нашим данным, в конце июля отмечалось начало отрождения молодежи этого рачка. Молодевозрастные стадии копеподы встречались во все сезоны исследований, наиболее выраженные всплески численности отмечались в период ледостава (декабрь, март). По показателям численности и биомассы летнего зоопланктона оз. Арейское в 2011 г. было отнесено к олиготрофному типу, то же отмечается и по нашим данным.

### Заключение

Видовое разнообразие планктонных беспозвоночных озера Арейское складывается из 50 таксонов рангом ниже рода. Среди коловраток (Rotifera) зарегистрировано 26 видовых названий, среди ветвистоусых ракообразных (Cladocera) — 18 видов, среди веслоногих (Copepoda) — 6 видов. В зоогеографическом отношении большинство отмеченных видов коловраток и ракообразных относятся к космополитам

и голарктам (по 38%), по биотопической приуроченности преобладают эврибионтные виды (41%). К часто встречающимся видам отнесены: *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *P. dolichoptera*, *N. incongruens*, *C. vicinus*, *K. longispina*, *B. angularis*, *F. longiseta*, *B. longirostris*, *A. priodontia*, *S. kitina*. Постоянными компонентами планктона являлись *B. angularis*, *K. longispina*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *P. dolichoptera*, *B. longirostris*, *D. cristata*, *D. galeata*, *N. incongruens*, *C. vicinus*. По условному разделению значений индекса Шеннона — Уивера озеро относится к олиго-мезотрофному типу. Средние значения общей численности изменялись в пределах 64,62–1249,01 тыс. экз./м<sup>3</sup>, общей биомассы — 710,58–2053,48 мг/м<sup>3</sup>. Кривые сезонного изменения количественных показателей гидробионтов в озере характеризовались весенним (март) подъемом численности и биомассы и летним снижением общего обилия. Основу зоопланктона практически во все сезоны года определяли коловратки, чуть меньше копеподы.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта FUFER-2021-0006 «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов». Автор благодарит сотрудников лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН канд. биол. наук Н. А. Ташлыкову, канд. биол. наук Г. Ц. Цыбекмитову, канд. биол. наук

П. В. Матафонова за помощь в отборе зоопланктонных проб.

### Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the Project FUFР-2021-0006 "Geocology of aquatic ecosystems of Transbaikalia in the conditions of modern climate

and technogenesis, the main approaches to the rational use of waters and their biological resources". The author thanks the staff of the Laboratory of Aquatic Ecosystems INREC SB RAS, Cand. biol. Sciences N. A. Tashlykova, Cand. biol. Sciences G. Ts. Tsybekmotova, Cand. biol. Sci. P.V. Matafonov for help in the selection of zooplankton samples.

### Литература

- Андроникова, И. Н. (1996) *Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов*. СПб.: Наука, 190 с.
- Баканов, А. И. (2005) Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. В кн.: Г. С. Розенберг (ред.). *Количественные методы экологии и гидробиологии*. Тольятти: СамНЦ РАН, с. 37–67.
- Балушкина, Е. Б., Винберг, Г. Г. (1979) Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных. В кн.: Г. Г. Винберг (ред.). *Общие основы изучения водных экосистем*. Л.: Наука, с. 169–172.
- Боруцкий, Е. В., Степанова, Л. А., Кос, М. С. (1991) *Определитель Calanoida пресных вод СССР*. СПб.: Наука, 504 с.
- Горлачев, В. П. (1972) Сезонная структура и межгодовые изменения зоопланктона некоторых Ивано-Арахлейских озер. В кн.: Б. А. Шишкин, А. И. Сизиков (ред.). *Биологическая продуктивность Ивано-Арахлейских озер*. Чита: б. и., с. 63–95. (Записки Забайкальского филиала Географического общества СССР. Вып. 80).
- Киселев, И. А. (1969) *Планктон морей и континентальных водоемов: в 2 т. Т. 1. Вводные и общие вопросы планктологии*. Л.: Наука, 658 с.
- Кожова, О. М. (1970) Формирование фитопланктона Братского водохранилища. В кн.: Г. И. Галазий (ред.). *Формирование природных условий и жизни Братского водохранилища*. М.: Наука, с. 26–160.
- Кривенкова, И. Ф. (2011) Качественный и количественный состав зоопланктона регионального памятника природы озера Арейское. *Природоохранное сотрудничество: Россия, Монголия, Китай*, № 2, с. 112–115.
- Кутикова, Л. А. (1970) *Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida)*. Л.: Наука, 744 с.
- Лазаревская, С. В., Соловова, А. Т., Руденко, Ю. Т. (2009) Озеро Арей. В кн.: Р. Ф. Гениатулин (ред.). *Малая энциклопедия Забайкалья. Природное наследие*. Новосибирск: Наука, с. 51–52.
- Мэгарран, Э. (1992) *Экологическое разнообразие и его измерение*. М.: Мир, 198 с.
- Помазкова, Н. В., Лазаревская, С. В. (2012) Оценка рекреационной нагрузки на территории памятников природы Забайкальского края (на примере озера Арей). В кн.: О. В. Корсун (ред.). *Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия–Китай–Монголия. Вып. 3. Ч. 2*. Чита: Поиск, с. 86–90.
- Смирнов, Н. Н. (1971) *Chydoridae фауны мира*. Л.: Наука, 531 с. (Фауна СССР. Ракообразные. Т. 1. Вып. 2).
- Трифопова, И. С. (1990) *Экология и сукцессия озерного фитопланктона*. Л.: Наука, 182 с.
- Федоров, В. Д., Гильманов, Т. Г. (1980) *Экология*. М.: Изд-во МГУ, 464 с.
- Цалолихин, С. Я. (ред.). (1995) *Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2: Ракообразные*. СПб.: Наука, 629 с.
- Цимдинь, П. А. (1978) *Экологическая индикация сапробности малых рек (на примере коловраток — Rotatoria)*. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук. Рига, 26 с.
- Шабалин, С. Д. (ред.). (1966) *Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 1. Амур*. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 488 с.

Ruttner-Kolisko, A. (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie. Beihefte. Ergebnisse der Limnologie*, Bd 8, S. 71–76.

### References

- Andronikova, I. N. (1996) *Strukturno-funktional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem [Structural and functional organization of zooplankton lake ecosystems of different trophic types]*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 190 p. (In Russian)
- Bakanov, A. I. (2005) Kolichestvennaya otsenka dominirovaniya v ekologicheskikh soobshchestvakh [Quantification of dominance in ecological communities]. In: G. S. Rosenberg (ed.). *Kolichestvennye metody ekologii i gidrobiologii [Quantitative methods in ecology and hydrobiology]*. Togliatti: Samara SC RAS Publ., pp. 37–67. (In Russian)
- Balushkina, E. B., Vinberg, G. G. (1979) Zavisimost' mezhdu massoj i dlinoj tela u planktonnykh zhivotnykh [The relationship between body weight and length in planktonic animals]. In: G. G. Vinberg (ed.). *Obshchiye osnovy izucheniya vodnykh ekosistem [General principles of study of aquatic ecosystems]*. Leningrad: Nauka Publ., pp. 169–172. (In Russian)
- Borutsky, E. V., Stepanova, L. A., Kos, M. S. (1991) *Opredelitel' Calanoida presnykh vod SSSR [Freshwater Calanoida of the USSR: An identification guide]*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 504 p. (In Russian)
- Fedorov, V. D., Gil'manov, T. G. (1980) *Ekologiya [Ecology]*. Moscow: Moscow State University Publ., 464 p. (In Russian)
- Gorlachev, V. P. (1972) Sezonnaya struktura i mezhgodovye izmeneniya zooplanktona nekotorykh Ivano-Arakhleyskikh ozer [Seasonal structure and interannual changes in zooplankton of the some Ivano-Arakhleyskiy lakes]. In: B. A. Shishkin, A. I. Sizikov (eds.). *Biologicheskaya produktivnost' Ivano-Arakhleyskikh ozer [Biological productivity of the Ivano-Arakhleyskie lakes]*. Chita: s. n., pp. 63–95. (Zapiski Zabajkal'skogo filiala Geograficheskogo obshchestva SSSR [Notes of the Trans-Baikal branch of the Geographical Society of the USSR]. Iss. 80). (In Russian)
- Kiselev, I. A. (1969) *Plankton morej i kontinental'nykh vodoemov: v 2 t. T. 1. Vvodnye i obshchie voprosy planktologii [Plankton of the seas and continental waters: In 2 vols. Vol. 1. Introductory and general questions of planktology]*. Leningrad: Nauka Publ., 658 p. (In Russian)
- Kozhova, O. M. (1970) Formirovanie fitoplanktona Bratskogo vodokhranilishcha [Formation of phytoplankton in the Bratsk reservoir]. In: G. I. Galazij (ed.). *Formirovanie prirodnykh uslovij i zhizni Bratskogo vodokhranilishcha [Formation of natural conditions and life of the Bratsk reservoir]*. Moscow: Nauka Publ., pp. 26–160. (In Russian)
- Krivenkova, I. F. (2011) Kachestvennyj i kolichestvennyj sostav zooplanktona regional'nogo pamyatnika prirody ozera Arejskoye [Qualitative and quantitative structure of a zooplankton of a regional natural monument of Lake Arejsky]. *Prirodookhrannoe sotrudnichestvo: Rossiya, Mongoliya, Kitaj*, no. 2, pp. 112–115. (In Russian)
- Kutikova, L. A. (1970) *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria) Podklass Eurotatoria (otryady Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) [Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria) (Subclass Eurotatoria (units of Ploimides, Monimotrochida, Paedotrochida))]*. Leningrad: Nauka Publ., 744 p. (In Russian)
- Lazarevskaya, S. V., Solovova, A. T., Rudenko, Yu. T. (2009) Ozero Arej [Lake Arey]. In: R. F. Geniatulin (ed.). *Malaya entsiklopediya Zabajkal'ya. Prirodnoe nasledie [Small encyclopedia of Transbaikalia. Natural heritage]*. Novosibirsk: Nauka Publ., pp. 51–52. (In Russian)
- Magurran, E. (1992) *Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie [Ecological diversity and its measurement]*. Moscow: Mir Publ., 198 p. (In Russian)
- Pomazkova, N. V., Lazarevskaya, S. V. (2012) Otsenka rekreatsionnoj nagruzki na territorii pamyatnikov prirody Zabajkal'skogo kraja (na primere ozera Arej) [Assessment of recreational load on the natural monuments in Transbaikalian Region (on the example of Lake Arey)]. In: O. V. Korsun (ed.). *Prirodookhrannoe sotrudnichestvo v transgranichnykh ekologicheskikh regionakh: Rossiya–Kitaj–Mongoliya [Environmental cooperation in transboundary ecological regions: Russia–China–Mongolia]*. Iss. 3. Pt 2. Chita: Poisk Publ., pp. 86–90. (In Russian)
- Ruttner-Kolisko, A. (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie. Beihefte. Ergebnisse der Limnologie*, Bd 8, S. 71–76. (In English)

- Smirnov, N. N. (1971) *Chydoridae fauny mira [Chydoridae fauna of the world]*. Leningrad: Nauka Publ., 531 p. (Fauna SSSR. Rakoobraznye [Fauna of the USSR. Crustaceans]. Vol. 1. Iss. 2) (In Russian)
- Shabalin, S. D. (ed.). (1966) *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 18. Dal'nij Vostok. Iss. 1. Amur [Surface water resources of the USSR. Hydrological knowledge. Vol. 18. Far East. Iss. 1. Amur]*. Leningrad: Gidrometioizdat Publ., 488 p. (In Russian)
- Trifonova, I. S. (1990) *Ekologiya i suksessiya ozernogo fitoplanktona [Ecology and succession of the lake phytoplankton]*. Leningrad: Nauka Publ., 182 p. (In Russian)
- Tsalolikhin, S. Yu. (ed.). (1995) *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorij. T. 2. Rakoobraznyye [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Vol. 2. Crustaceans]*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 629 p. (In Russian)
- Tsimdin', P. A. (1978) *Ekologicheskaya indikatsiya saprobnosti malykh rek (na primere kolovratok — Rotatoria) [Ecological indication of the saprobity in small rivers (by the example of rotifers — Rotatoria)]*. Extended abstract of PhD dissertation (Biology). Riga, 26 p. (In Russian)

**Для цитирования:** Афонина, Е. Ю. (2021) Зоопланктон озера Арейское (бассейн реки Ингода, Забайкальский край). *Амурский зоологический журнал*, т. XIII, № 3, с. 331–343. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-3-331-343>

**Получена** 3 марта 2021; прошла рецензирование 19 мая 2021; принята 24 мая 2021.

**For citation:** Afonina, E. Yu. (2021) Zooplankton of the Areiskoye Lake (Ingoda River basin, Trans-Baikal Territory). *Amurian Zoological Journal*, vol. XIII, no. 3, pp. 331–343. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-3-331-343>

**Received** 3 March 2021; reviewed 19 May 2021; accepted 24 May 2021.