

СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВОДОЕМОВ–ОХЛАДИТЕЛЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Е. Ю. Афонина

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

Сведения об авторе

Екатерина Юрьевна Афонина

E-mail: kataf@mail.ru

SPIN-код: 7861-7140

Scopus Author ID: 35168425700

ResearcherID: J-6340-2016

ORCID: 0000-0002-4385-7747

Права: © Автор (2020). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. В работе представлены материалы по изучению зоопланктона в гидротермальной зоне двух водоемов-охладителей в Забайкальском крае (водохранилище-охладитель Харанорской ГРЭС и оз. Кенон — водоем-охладитель Читинской ТЭЦ). Планктонная фауна оз. Кенон представлена 30 видами, Харанорского водохранилища — 16 видами. Общие значения численности и биомассы соответствовали 147–407 тыс. экз./м³ и 715–2624 мг/м³ для озера и 163–2245 тыс. экз./м³ и 321–15336 мг/м³ для водохранилища. Основными элементами животного планктона в период наибольшего прогревания водных масс в озере являлись *Thermocyclops crassus* (Copepoda) и *Ceriodaphnia quadrangula* (Cladocera), в водохранилище — *Anuraeopsis fissa* (Rotifera), *Bosmina longirostris* (Cladocera) и *Thermocyclops crassus* (Copepoda). Наибольшая концентрация гидробионтов в оз. Кенон отмечалась среди зарослей водных растений, в водохранилище — на участке уреза воды. Согласно значениям индекса Шеннона, трофность озера Кенон соответствовала мезотрофному типу, Харанорского водохранилища — эвтрофному. Высокое видовое и функциональное разнообразие зоопланктона оз. Кенон обусловлено наличием разных биотопов (грунты мелких фракций, хорошо развитый растительный пояс). В Харанорском водохранилище более высокая термическая нагрузка, значительная сработка уровня воды, крупногалечные грунты, отсутствие гидрофитов, высокий водообмен являются основными факторами, препятствующими развитию разнообразного сообщества зоопланктона.

Ключевые слова: зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса, распределение, гидротермальная зона, водоем-охладитель.

ZOOPLANKTON STRUCTURE AND DISTRIBUTION IN THE HYDROTHERMAL ZONE OF COOLING RESERVOIRS (TRANS-BAIKAL TERRITORY)

E. Yu. Afonina

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

Author

Ekaterina Yu. Afonina

E-mail: kataf@mail.ru

SPIN: 7861-7140

Scopus Author ID: 35168425700

ResearcherID: J-6340-2016

ORCID: 0000-0002-4385-7747

Copyright: © The Author (2020). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The paper presents the research findings on zooplankton in the hydrothermal zone of two cooling reservoirs in Trans-Baikal Territory: the cooling reservoir of the Kharanorskaya SDPP, and Lake Kenon that serves as the cooling reservoir of the Chita TPP. Planktonic fauna is represented by 30 species in Lake Kenon and by 16 species in the Kharanor reservoir. The total abundance and biomass values corresponded to 147–407 × 10³ ind./m³ and 715–2624 mg/m³ for the lake and 163–2245 × 10³ ind./m³ and 321–15336 mg/m³ for the reservoir. *Thermocyclops crassus* (Copepoda) and *Ceriodaphnia quadrangula* (Cladocera) dominated in a lake, and *Anuraeopsis fissa* (Rotifera), *Bosmina longirostris* (Cladocera) and *Thermocyclops crassus* (Copepoda) were dominant in the reservoir during the peak of the water-heating period. In Lake Kenon the highest density of hydrobionts was observed in areas of rank vegetation, while in the reservoir it was the water's edge that was most densely populated. According to the Shannon index, Lake Kenon and the Kharanor reservoir belong to the mesotrophic type and to the eutrophic type of lake, respectively. Various biotopes i.e. bottom sediments of fine fractions and a well developed vegetation belt, cause a high zooplankton species diversity in Lake Kenon. In the Kharanor reservoir a higher thermal load, a significant drawdown, a shingle bed, the absence of hydrophytes, and a heavy water exchange are the main factors hindering the development of diversity in the zooplankton community.

Keywords: zooplankton, species composition, abundance, biomass, distribution, hydrothermal zone, cooling reservoir.

ВВЕДЕНИЕ

Водоемы-охладители — это особая специфическая категория водных объектов, в которых гидрологический и гидрохимический режимы, а также их динамика обуславливаются работой электростанции (Суздалева, Безносов 2000; Суздалева 2002). Они являются неотъемлемой частью технологического процесса производства электрической и тепловой энергии и представляют собой природно-техногенные системы. Структурно-функциональная организация водной экосистемы изменяется в соответствии с уровнем и характером техногенного воздействия (Безносов, Суздалева 2005). Наибольшей антропогенной нагрузке подвержен район сброса подогретых вод электростанции. Цель настоящей работы — изучение структуры и распределения зоопланктона гидротермальной зоны в разных по генезису водоемах-охладителях. Примером естественного водоема-охладителя на территории Забайкальского края является оз. Кенон (бассейн р. Ингода), искусственного — водохранилище Харанорской ГРЭС (бассейн р. Онон).

Бессточное озеро Кенон (52°02'19" с. ш., 113°22'50" в. д.) — это природный водоем, включенный в технологическую схему теплоэлектроцентрали. Природные черты режима озера практически утрачены и перешли в природно-антропогенные, определяемые технологическим режимом ТЭЦ (Токарева 2004). Как водоем-охладитель Читинской ТЭЦ озеро используется с 1965 г. Площадь водного зеркала — 16,2 км², объем водной массы — 77 млн м³, средняя глубина — 4,4 м. Для поддержания уровня воды озера организована перекачка воды из р. Ингода, до 15–16 млн м³/год. Объем выбрасываемых теплых вод составляет более 109 млн м³/год. В месте сброса теплых вод формируется незамерзающий зимой «термальный участок» площадью около 1,3 км², оказывающий влияние на всю акваторию озера (Чечель, Цыганок 1998).

Пруд-охладитель Харанорской ГРЭС (50°51'14" с. ш., 115°42'00" в. д.) — наливное равнинное водохранилище пойменно-до-

линного типа с сезонным регулированием. Площадь водного зеркала при нормальном подпорном уровне (574 м БС) — 4,1 км², объем водной массы — 15,6 млн м³, средняя глубина — 3,8 м. Заполнение и подпитка водохранилища в период открытой воды происходит за счет подачи воды из р. Онон по водоподводящему каналу, в период ледостава — из дренажного канала (Андрюк 2005). Ввод в строй первого энергоблока ГРЭС осуществлен в 1995 г. Система технического водоснабжения энергетической станции смешанная: прямоточно-оборотная летом и полностью обратная зимой. Со сбросными водами ГРЭС в водохранилище при работе трех энергоблоков ежегодно поступает 5 664 250 Гкал тепла. Общий объем перекачиваемой воды через конденсаторы составляет более 500 млн м³/год. Круговая схема циркуляции потока водной массы обуславливает высокую интенсивность внутреннего водообмена (более 30 раз в год). Ледяной покров образуется только в центральной части водохранилища (около 2/3 площади), где толщина льда не превышает 0,5 м (Афонин и др. 2014).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования зоопланктона гидротермальных участков в водохранилище-охладителе Харанорской ГРЭС и оз. Кенон, водоеме-охладителе Читинской ТЭЦ, проводили в июле 2019 г. Материал собирали на заложенных профилях. Профиль на оз. Кенон располагался вдоль береговой линии. Точки отбора проб находились на расстоянии 100 м друг от друга, охватывая глубины от 0,7 до 5,1 м. Температура воды изменялась от 26,6 до 27,2 °С. На Харанорском водохранилище профиль располагался перпендикулярно к берегу, и точки отбора проб размещались над глубинами с разницей в 0,5 м: от уреза воды и до 2,0 м. Температура воды изменялась в пределах 25,7–28,8 °С (табл. 1).

Орудиями лова служили сеть Джели средней модели (диаметр входного отверстия 25 см, фильтрующий конус из капронового сита с диаметром ячеек 0,064 мм) и

Таблица 1
Абиотические параметры среды гидротермальной зоны водоемов-охладителей
в июле 2019 г.

Table 1
Abiotic parameters of the cooling reservoir hydrothermal zone in July 2019

№ станции	Н, м	TR, м	T, °C	ORP	pH	TDS	EC	TUR
Озеро Кенон								
1	0,7	ΔΔ	26,6	0,122	8,3	631	971	41,7
2	1,1	ΔΔ	26,9	0,134	8,2	650	999	41,3
3	2,1	ΔΔ	27,2	0,136	8,3	677	1045	42,2
4	2,7	ΔΔ	26,8	0,142	8,2	671	1031	40,9
5	5,1	4,5	26,6	0,122	8,3	631	971	41,7
Харанорское водохранилище								
1	0	–	28,8	0,130	8,4	229	353	70,3
2	0,5	ΔΔ	26,7	0,126	8,4	226	349	53,5
3	1,0	0,7	27,2	0,124	8,5	227	350	53,7
4	1,5	0,7	25,7	0,146	8,1	228	351	54,8
5	2,0	0,8	26,2	0,133	8,3	228	351	55,1

Примечание: Н — глубина отбора проб (м), TR — прозрачность воды (м), T — температура воды (°C), ORP — окислительно-восстановительный потенциал (мВ), TDS — общая минерализация (мг/л), EC — электропроводность (мкСм/см), TUR — мутность (ЕМФ, единица мутности по формазину); ΔΔ — до дна

гидробиологический сачок (фильтрующий конус из капронового сита с диаметром ячеек 0,073 мм), через который проливали 100 л воды. При фиксировании образцов применяли 4%-ный раствор формальдегида. Камеральную обработку проб проводили 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 индивидуального веса организмов с учетом их размера (Ruttner-Kolisko 1977; Балушкина, Винберг 1979).

Для оценки разнообразия сообщества использовали индекс видового разнообразия Шеннона — Уивера (H'_n) по численности (Мэгарран 1992). Обилие отдельных видов рассматривали по индексу доминирования (I_d) (Андронникова 1996). Для оценки характера распределения относительного обилия видов в сообществе на основе индекса Шеннона — Уивера использовали показатель выравнинности — индекс Пиелу (e) (Песенко 1982). С целью

выявления структурообразующих видов зоопланктона рассматривали функцию рангового распределения относительного обилия видов (Федоров, Гильманов 1980). Для оценки изменчивости таксономической и размерной структуры зоопланктонного сообщества (Андронникова 1996) использовали показатели: доля основных таксономических групп (%) по численности ($N_{rot} : N_{clad} : N_{cop}$), то же (%) по биомассе ($B_{rot} : B_{clad} : B_{cop}$). Трофическая и топическая классификации даны по Ю. С. Чуйкову (Чуйков 2000).

Измерения абиотических параметров среды (температура воды, окислительно-восстановительный потенциал, общая минерализация, электропроводность, мутность) проводили с помощью прибора GPS Aquameter «Aquaread» (Great Britain). Прозрачность воды измеряли по белому диску Секки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Абиотические параметры среды гидротермальных зон двух водоемов-охладителей имели отличия. Так, общая ми-

нерализация и электропроводность в оз. Кенон были выше по сравнению с Харанорским водохранилищем в 3 раза. Прозрачность воды в Кеноне составляла 4,5 м, мутность — 40,9–42,4 единицы мутности по формазину (ЕМФ). Воды Харанорского водохранилища характеризовались низкой прозрачностью (0,8 м) и высокой мутностью (53,5–70,3 единицы). Наибольшая температура воды в водохранилище была выше, чем в озере, на 1,6 °С. В оз. Кенон по абиотическим параметрам выделялся участок с глубинами 2,1 и 2,7 м (станции 3 и 4), здесь общая минерализация, электропроводность и температура воды были выше, чем на других станциях отбора проб. В водохранилище станции отбора проб по параметрам среды существенно не различались (см. табл. 1).

Зоопланктон гидротермальной зоны озера Кенон. Видовой состав включал 30 видов, из которых 10 видов коловраток, 12 —

ветвистоусых и 8 — веслоногих ракообразных. Общее число видов изменялось от 11 (ст. 2) до 22 (ст. 3) (табл. 2).

В фауне по разнообразию доминировали космополиты (55 %), по местообитанию — эвритопные (45 %), по способу передвижения — сочетающие плавание и ползание (47 %) и плавающие (типично планктонные парящие) виды (46 %), по способу питания — фильтраторы (вертикаторы среди коловраток, веслоногие фильтраторы и ветвистоусые первичные и вторичные фильтраторы) (57 %) (рис. 1).

Общая численность животных изменялась от 147 (ст. 3) до 407 тыс. экз./м³ (ст. 4), общая биомасса — от 715 (ст. 1) до 2624 мг/м³ (ст. 4) (рис. 2).

На всех станциях преобладали ракообразные, популяции которых состояли в основном из младшевозрастных особей. На станциях 1 и 3 численно преобладали ветвистоусые (46 и 55 % соответственно), на

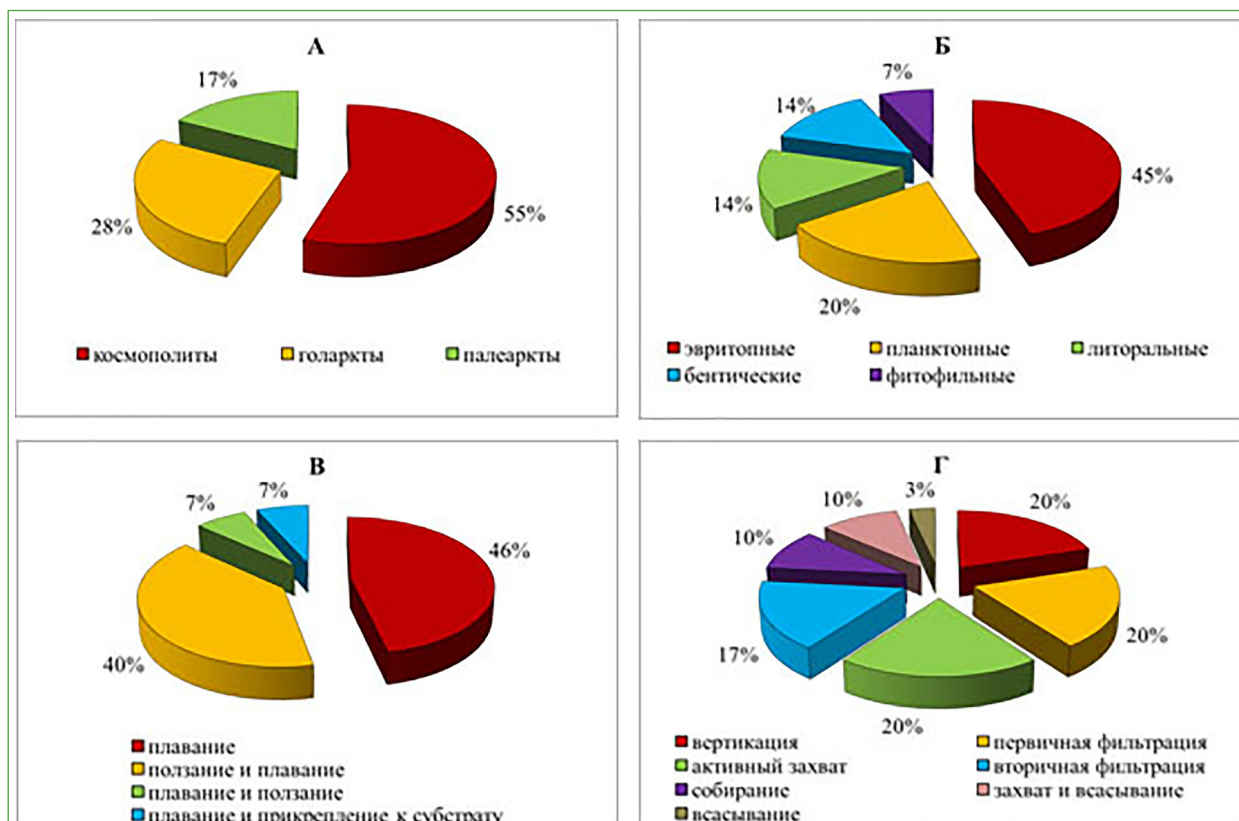


Рис. 1. Эколого-географическая характеристика зоопланктона гидротермальной зоны оз. Кенон в июле 2019 г.: А — зоогеография, Б — местообитание, B — способ передвижения, Г — способ питания

Fig. 1. Ecological and geographic characteristics of zooplankton in the hydrothermal zone of Lake Kenon in July 2019: A — zoogeography, Б — habitat, B — type of locomotion, Г — type of feeding

Таблица 2

Видовой состав зоопланктона гидротермальной зоны водоемов-охладителей в июле 2019 г. и его эколого-географическая характеристика

Table 2

Species composition of zooplankton in the cooling reservoir hydrothermal zone in July 2019, and its ecological and geographical characteristics

Таксон	Зоогеография	Местообитание	Экогруппа	Озеро Кеон	Характерное водохранилище
1	2	3	4	5	6
Rotifera					
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851	К	L	1a	–	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	К	Eut	2a	+	+
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank, 1793)	К	Ph	2a	+	–
<i>Bdelloidea</i> gen. sp.	–	–	5a	+	–
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	К	Eut	4a	–	+
<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> Hermann, 1783	К	L	4a	–	+
<i>Conochiloides coenobasis</i> Skorikov, 1914	Г	Eut	10	–	+
<i>Conochilus unicornis</i> Rousset, 1892	Г	Eut	10	–	+
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	4a	+	–
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	К	Eut	4a	–	+
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	К	Pl	1a	+	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	К	Eut	1a	+	–
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	К	Eut	1a	+	–
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	Г	Pl	1a	+	–
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1831	Г	Pl	2a	+	–
<i>S. pectinata</i> Ehrenberg, 1832	К	Eut	2a	–	+
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	К	Eut	4a	+	–
<i>Trichocerca stylata</i> (Gosse, 1851)	К	Pl	5a	–	+
Cladocera					
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	К	L, Ph	56	+	–
<i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)	К	Eut	16	+	+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Müller, 1785)	Г	Eut	16	+	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	К	Eut	56	+	–
<i>Coronatella rectangula</i> Sars, 1862	К	Eut	56	+	–
<i>Daphnia galeata</i> G. O. Sars, 1864	Г	Pl	16	+	+
<i>Diaphanasoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	Г	Pl	16	+	–
<i>D. dubium</i> Manuilova, 1964	Г	Pl	16	–	+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	К	L, Bt	56	+	–
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	Г	Bt	56	+	+
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 17610)	Г	L	36	+	–
<i>Sida crystallina</i> (Müller, 1776)	П	Ph	9	+	–
<i>Simocephalus vetulus</i> (Müller, 1776)	К	L, Ph	9	+	–
Copepoda					
<i>Neutrodiaptomus incongruens</i> (Poppe, 1888)	П	Pl	1B	+	–

Таблица 2. Окончание
Table 2. Completion

1	2	3	4	5	6
<i>Sinodiaptomus sarsi</i> (Rylov, 1923)	Г	L	1в	–	+
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1893)	К	Bt	6б	+	–
<i>Eucyclops denticulatus</i> (Graeter, 1903)	П	Bt	6б	+	–
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851)	К	Eut	6б	+	–
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	П	Eut	3б	+	–
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	Г	Bt, L	8	+	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	П	Eut	8	+	–
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	К	Eut	8	+	+
Harpacticoida Sars, 1903	–	–	6б	–	+

Примечание: «+» — вид присутствует, «–» — вид отсутствует. Зоогеография (по: Segers, 2007; Voxshall, Defaye, 2008; Forro et al., 2008): К — космополит, Г — голаркт, П — палеаркт. Местообитание (по: Кутикова, 1970; 2005; Dumont, Negrea, 2002; Dussart, Defaye 2002; 2006): Pl — планктонный, Bt — бентический, L — литоральный, Ph — фитофильный, Eut — эвритопный. Экогруппа (способ передвижения / способ захвата пищи) (по: Чуйков 2000): 1/а, б, в — плавание / первичная фильтрация, вертикация, фильтрация; 2/а — плавание / захват и всасывание; 3/б — плавание / активный захват; 4/а — плавание и ползание / вертикация; 5/а, б — ползание и плавание / всасывание, вторичная фильтрация; 6б — ползание и плавание / собирание; 8 — ползание и плавание / активный захват; 9 — плавание и прикрепление к субстрату / первичная фильтрация; 10 — прикрепление к субстрату / вертикация

остальных — веслоногие (41–53 %). Структурообразующими элементами доминирующего комплекса являлись *Thermocyclops crassus* и *Ceriodaphnia quadrangula*, суммарно образующие 32–86 % всей численности зоопланктона. Основу биомассы формировали *T. crassus* (37–46 %), *C. quadrangula* (19–38 %), *Mesocyclops leuckarti* (5–35 %), *Neurodiaptomus incongruens* (7–20 %) (табл. 3).

Согласно индексам биоразнообразия (табл. 4), зоопланктоценоз участка, под-

верженного влиянию теплых вод, характеризовался высоким видовым разнообразием ($H_n = 2,33–3,35$ бит/экз., что соответствует мезо-олиготрофному типу), полидоминантностью (I_d не превышал 0,39) и высоким значением выравненности ($e = 0,69–0,98$).

Зоопланктон гидротермальной зоны Харанорского водохранилища. Разнообразие зоопланктона слагалось из 16 видов, из которых 9 — Rotifera, 4 — Cladocera, 3 —

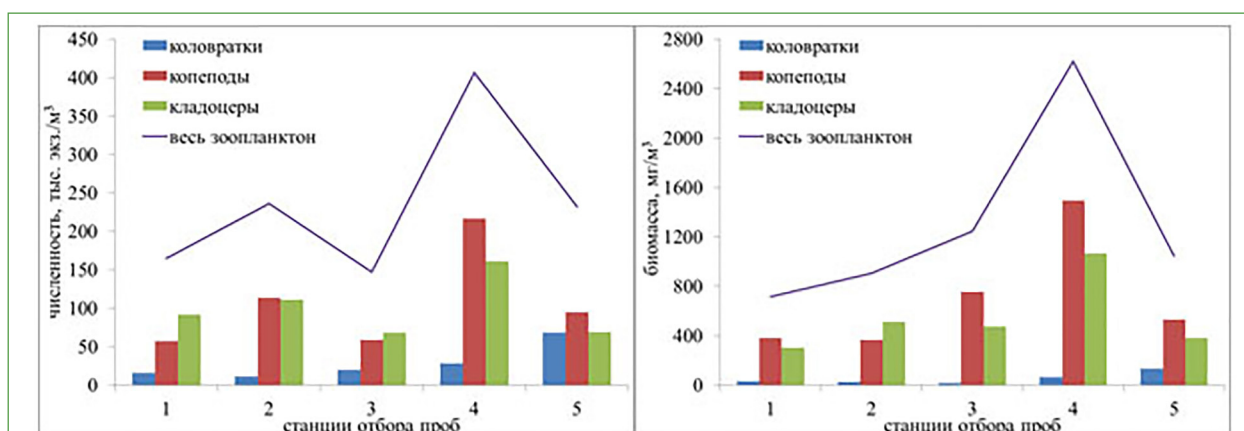


Рис. 2. Распределение численности и биомассы зоопланктона гидротермальной зоны оз. Кенон в июле 2019 г.

Fig. 2. Distribution of zooplankton abundance and biomass in the hydrothermal zone of Lake Kenon in July 2019

Таблица 3

Доминирующий комплекс зоопланктона гидротермальной зоны оз. Кенон в июле 2019 г.

Table 3

Dominant zooplankton complex in the hydrothermal zone of Lake Kenon in July 2019

№ станций	Доминирующий комплекс ($\geq 5\%$)			
	по численности, %		по биомассе, %	
1	<i>T. crassus</i>	26	<i>M. leuckarti</i>	21
	<i>C. rectangula</i>	26	<i>E. serrulatus</i>	20
	<i>B. longirostris</i>	12	<i>B. longirostris</i>	13
	<i>P. pediculus</i>	7	<i>P. pediculus</i>	12
	<i>C. quadrangula</i>	6	<i>T. crassus</i>	11
	<i>M. leuckarti</i>	5	<i>C. rectangula</i>	8
	<i>K. quadrata</i>	5		
2	<i>T. crassus</i>	49	<i>C. quadrangula</i>	38
	<i>C. quadrangula</i>	26	<i>N. incongruens</i>	20
	<i>B. longirostris</i>	21	<i>T. crassus</i>	19
			<i>B. longirostris</i>	18
3	<i>T. crassus</i>	31	<i>M. leuckarti</i>	35
	<i>C. quadrangula</i>	29	<i>C. quadrangula</i>	22
	<i>B. longirostris</i>	14	<i>B. longirostris</i>	16
	<i>M. leuckarti</i>	7	<i>T. crassus</i>	14
			<i>N. incongruens</i>	7
4	<i>T. crassus</i>	51	<i>T. crassus</i>	46
	<i>C. quadrangula</i>	35	<i>C. quadrangula</i>	37
			<i>M. leuckarti</i>	10
5	<i>T. crassus</i>	37	<i>T. crassus</i>	37
	<i>C. quadrangula</i>	15	<i>C. quadrangula</i>	19
	<i>K. quadrata</i>	13	<i>B. longirostris</i>	15
	<i>B. longirostris</i>	13	<i>A. priodonta</i>	10
			<i>N. incongruens</i>	9
			<i>M. leuckarti</i>	5

Copepoda. Общее число видов изменялось от 4 (ст. 1) до 10 (ст. 2 и 3) (см. табл. 2).

Эколого-географический анализ показал преобладание в видовом составе зоопланктона космополитных (60 %), эврибионтных (53 %), по типу локомоции — истинно планктонных и со смешанным типом передвижения видов (по 44 %), по типу питания — фильтраторов (63 %) (рис. 3).

Значения общей численности зоопланктона изменялись от 163–187 (ст. 2 и 4) до 2245 тыс. экз./м³ (ст. 1), общей биомассы — от 321–337 (ст. 2 и 3) до 15 336 мг/м³ (ст. 1) (рис. 4).

На участке у уреза воды отмечались плотные скопления кладоцер, среди которых доминировал рачок *B. longirostris* (73 % всей численности зоопланктона). До глубины 1,5 м преобладали коловратки (*A.*

fissa — 49–60 %), далее до 2 м — копеподы (*T. crassus* — 53–75 %). Основу биомассы формировали *T. crassus* (29–84 %), *Bosmina longirostris* (68–71 %), *Daphnia galeata* (8–33 %) (табл. 5).

Величины биотических индексов (табл. 6) указывают на сообщество, характеризующееся достаточно высоким видовым разнообразием ($H_n = 1,22–2,33$ бит/экз. — мезо-эвтрофный тип), с усилением доминирования двух-трех видов ($I_d = 0,30–0,59$) и показателем выравненности сообщества, равным 0,44–0,82.

ОБСУЖДЕНИЕ

В оз. Кенон станции отбора проб 3 и 4 отличались от других более высокими показателями общей минерализации, элек-

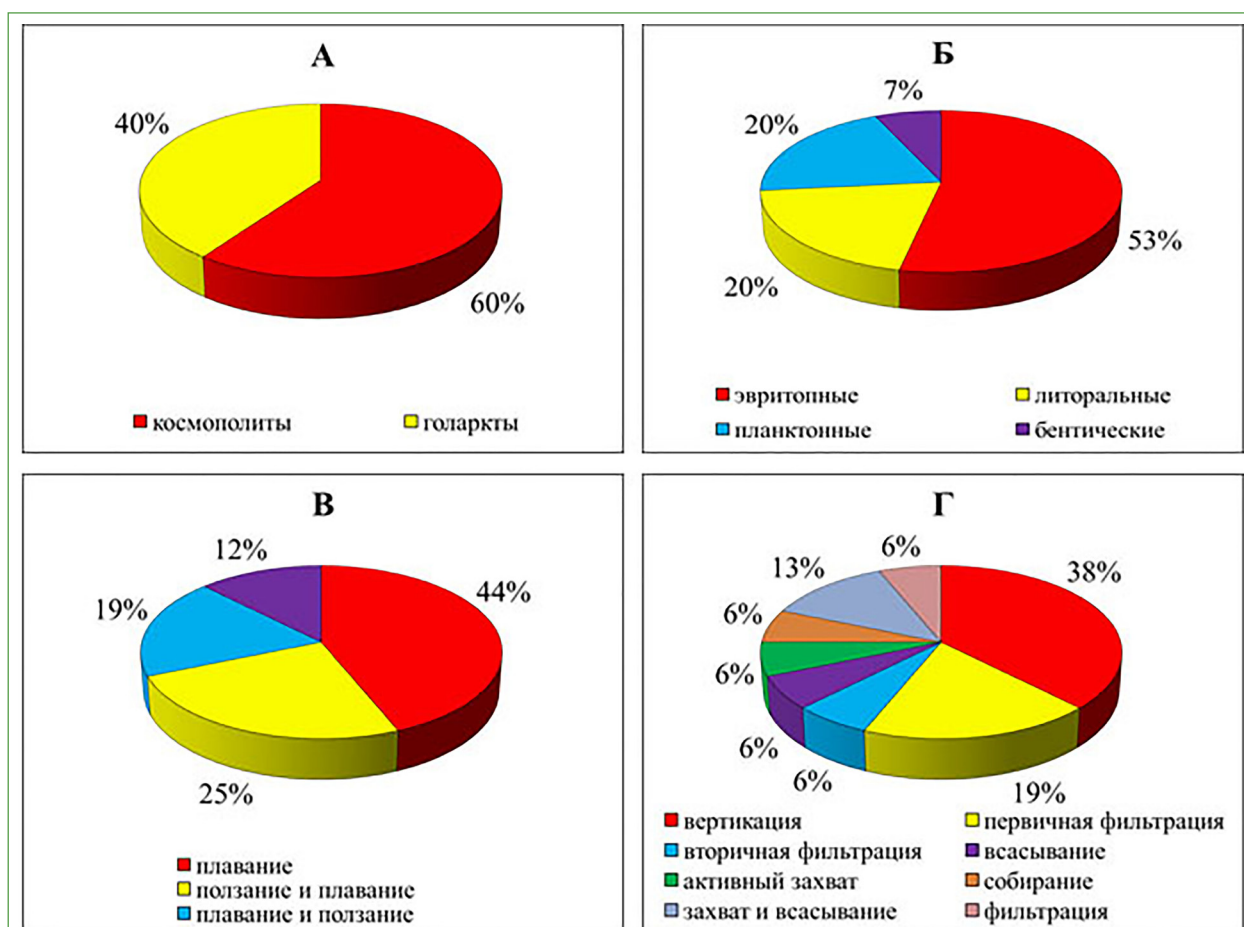


Рис. 3. Эколого-географическая характеристика зоопланктона гидротермальной зоны Харанорского водохранилища в июле 2019 г.: А — зоогеография, Б — местообитание, В — способ передвижения, Г — способ питания

Fig. 3. Ecological and geographic characteristics of zooplankton in the hydrothermal zone of the Kharanor reservoir in July 2019: А – zoogeography, Б – habitat, В – type of locomotion, Г – type of feeding

тропроводности и температуры воды, что, вероятно, связано с зарастаемостью водной растительностью глубин 2–3 м и перераспределением потока сбросных вод ТЭЦ (Tashlykova, Afonina 2019).

В зоопланктоне озера Кенон, по сравнению с предыдущими исследованиями (Афонина, Ташлыкova, Базарова 2017), новых видов не отмечено. В Харанорском водохранилище (Афонина 2012; 2014) впервые отмечены три вида коловраток: *Trichocerca stylata*, *Anuraeopsis fissa*, *Conochiloides coenobasis*, в массе встречавшихся в летнем планктоне.

Сравнительный анализ сообщества беспозвоночных планктона гидротермальной зоны водоемов с высокой тепловой нагрузкой представлен в таблице 7.

Обогреваемый участок оз. Кенон характеризуется высоким видовым и функциональным разнообразием коловраток и ракообразных, что обусловлено наличием грунтов мелких фракций (песок, заиленный песок), хорошо развитого растительного пояса (тростники, рдесты) и большой протяженностью мелководных участков. В то же время высокая термическая нагрузка, значительная сработка уровня воды, крупногалечные грунты, отсутствие водной растительности, высокий водообмен являются основными факторами, препятствующими развитию зоопланктона в Харанорском водохранилище. В составе планктонной фауны оз. Кенон в зоне теплового влияния отмечается 30 видов (при

Таблица 4

Показатели разнообразия и структуры зоопланктона гидротермальной зоны оз. Кенон в июле 2019 г.

Table 4

Zooplankton diversity and structure indicators in the hydrothermal zone of Lake Kenon in July 2019

Показатели	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	
Число видов	17	11	22	16	18	
N %	Коловратки	10	5	14	7	29
	Копеподы	35	48	40	53	41
	Кладоцеры	55	47	46	40	30
B %	Коловратки	4	3	1	2	13
	Копеподы	54	40	61	57	51
	Кладоцеры	42	57	38	41	36
H_p , бит/экз.	3,35	2,47	3,03	2,33	3,12	
I_d	0,16	0,32	0,23	0,39	0,21	
e	0,98	0,73	0,89	0,69	0,92	

Примечание (здесь и в табл. 5): N %, B % — доля основных таксономических групп по численности и биомассе

значительном разбросе числа видов — от 11 до 22), а в водохранилище — 16 видов (при изменениях на разных станциях от 4 до 10 таксонов).

В зоопланктоне гидротермальных участков оз. Кенон и Харанорского водохранилища отмечаются организмы, приуроченные к различным местообитаниям. По разнообразию доминируют эвритопные виды (45 и 53 % соответственно), характеризующиеся широкой экологической валентностью и встречающиеся как в пелагической, так и в литоральной зонах водоемов. На втором месте находятся истин-

но планктонные виды — по 20 % от общего видового состава. Доля других групп беспозвоночных (бентических, литоральных, фитофильных) составляет 35 % для озера и 27 % для водохранилища. При этом в водохранилище видов из фитофильного комплекса не обнаружено.

На основе анализа функциональных комплексов (Смирнов 1971), обеспечивающих захват пищи и передвижение, предложена объединенная экологическая классификация организмов, которая комбинирует трофические и топические характеристики и в связи с этим позволяет характеризовать

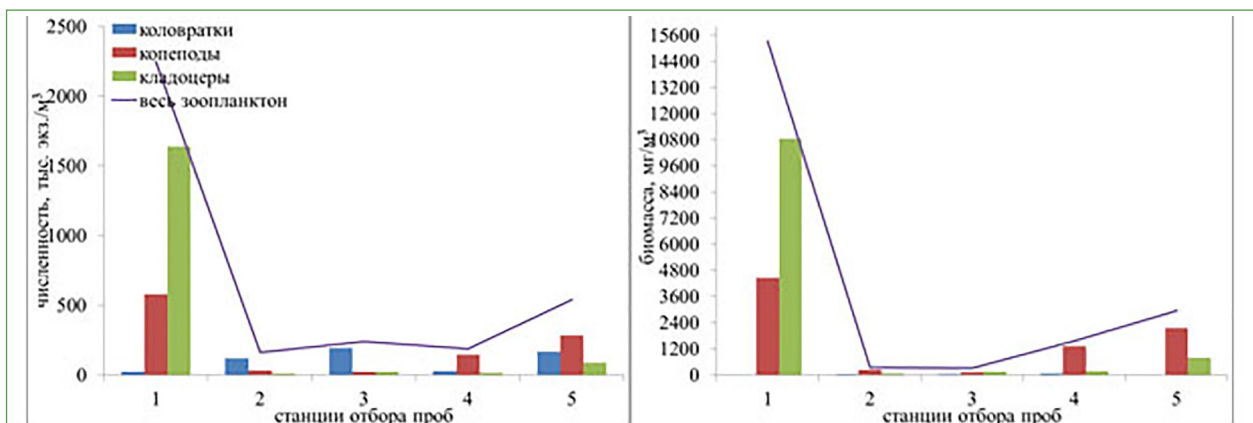


Рис. 4. Распределение численности и биомассы зоопланктона гидротермальной зоны Харанорского водохранилища в июле 2019 г.

Fig. 4. Distribution of zooplankton abundance and biomass in the hydrothermal zone of the Kharanor reservoir in July 2019

Таблица 5

Доминирующий комплекс зоопланктона гидротермальной зоны Харанорского водохранилища в июле 2019 г.

Table 5

Dominant zooplankton complex in the hydrothermal zone of the Kharanor reservoir in July 2019

№ станций	Доминирующий комплекс ($\geq 5\%$)			
	по численности, %		по биомассе, %	
1	<i>B. longirostris</i>	73	<i>B. longirostris</i>	71
	<i>T. crassus</i>	26	<i>T. crassus</i>	29
2	<i>A. fissa</i>	49	<i>T. crassus</i>	68
	<i>T. crassus</i>	18	<i>B. longirostris</i>	16
	<i>T. stylata</i>	8		
	<i>F. longiseta</i>	7		
	<i>B. longirostris</i>	6		
3	<i>A. fissa</i>	60	<i>D. galeata</i>	33
	<i>B. longirostris</i>	8	<i>T. crassus</i>	33
	<i>F. longiseta</i>	8	<i>B. longirostris</i>	17
	<i>T. crassus</i>	7		
	<i>T. stylata</i>	6		
	<i>C. coenobasis</i>	5		
4	<i>T. crassus</i>	75	<i>T. crassus</i>	84
	<i>S. pectinata</i>	12	<i>B. longirostris</i>	6
	<i>B. longirostris</i>	6		
5	<i>T. crassus</i>	53	<i>T. crassus</i>	73
	<i>C. coenobasis</i>	18	<i>B. longirostris</i>	15
	<i>A. fissa</i>	11	<i>D. galeata</i>	8
	<i>B. longirostris</i>	14		

биологические процессы, происходящие в водоеме (Чуйков 2000). Способ передвижения планктонных беспозвоночных является отражением поведения, связанного с процессами добывания пищи. Поэтому преобладание животных с тем или иным способом локомоции является косвенным показателем обилия кормовых объектов в толще воды или у поверхности дна. Среди выявленных представителей фауны в термальной зоне обоих водоемов доминируют сочетающие плавание и ползание (44 % для озера и 47 % для водохранилища) и типичные планктонные парящие формы (44 и 46 % соответственно). По способу захвата пищи из числа коловраток преобладают вертикаторы (20 и 38 % для озера и водохранилища соответственно) и фильтраторы из ракообразных (37 и 25 %). Принимая, что первичная фильтрация у ветвистоусых и вертикация у коловраток по сути сходны (Чуйков 2000),

доля форм, улавливающих взвешенные частицы из толщи воды, составляет 40 % для озера и 57 % для водохранилища. В целом в зоопланктоне водоемов-охладителей представлен весь спектр способов захвата пищи и передвижения. При этом в озере наиболее разнообразны группы ползающе-плавающих вторичных фильтраторов, плавающих первичных фильтраторов и вертикаторов. Перечисленные особенности передвижения и питания представителей фауны планктона могут свидетельствовать о выраженности в гидротермальной зоне озера детритной пищевой цепи. В водохранилище преобладают группы плавающе-ползающих вертикаторов и плавающих первичных фильтраторов, что может указывать на большее развитие пастбищной пищевой цепи.

Общее число доминантов по численности в оз. Кенон составляет 7 видов: одна коловратка (*Keratella quadrata*) и 6 рако-

Таблица 6
Показатели разнообразия и структуры зоопланктона гидротермальной зоны Харанорского водохранилища в июле 2019 г.

Table 6
Zooplankton diversity and structure indicators in the hydrothermal zone of the Kharanor reservoir in July 2019

Показатели	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	Ст. 4	Ст. 5	
Число видов	4	10	10	7	8	
N %	коловратки	1	73	81	15	31
	копеподы	26	14	9	77	53
	клагоцеры	73	7	10	8	16
B %	коловратки	0	12	13	5	1
	копеподы	29	70	37	84	73
	клагоцеры	71	18	50	11	26
H_n , бит/экз.	1,22	1,92	2,33	1,28	2,28	
I_d	0,59	0,30	0,39	0,58	0,34	
e	0,44	0,69	0,84	0,46	0,82	

образных (*C. quadrangula*, *B. longirostris*, *Coronatella rectangula*, *Polyphemus pediculus*, *Mesocyclops leuckarti*, *T. crassus*) при варьировании от 2 до 7 видов, по биомассе — 8 видов (*Asplanchna priodonta*, *C. quadrangula*, *B. longirostris*, *P. pediculus*, *N. incongruens*, *Eucyclops serrulatus*, *M. leuckarti*, *T. crassus*) при варьировании от 3 до 6 видов. В Харанорском водохранилище основу численности формируют также 7 видов, из которых 5 видов коловраток (*A. fissa*, *T. stylata*, *Synchaeta pectinata*, *C. coenobasis*, *Filinia longiseta*) и 2 вида ракообразных (*B. longirostris*, *T. crassus*). На каждой станции количество преобладающих видов изме-

нялось от 2 до 6. Основу биомассы создают 3 вида (*Daphnia galeata*, *C. quadrangula*, *T. crassus*). В целом, структурообразующими элементами животного планктона в термальной зоне оз. Кенон являются *T. crassus* и *C. quadrangula*, в водохранилище — *A. fissa*, *B. longirostris* и *T. crassus*.

Наибольшая концентрация гидробионтов в оз. Кенон (в основном копепод — 53 %) регистрируется на станции 4 (407 тыс. экз./м³ и 2624 мг/м³), в зоне интенсивного зарастания рдестами. На других станциях гидротермальной зоны количественные показатели соответствуют 165–232 тыс. экз./м³ и 715–1247 мг/м³. Исследования 2010–2013 гг.

Таблица 7
Сравнительная характеристика показателей структуры и разнообразия зоопланктона гидротермальной зоны исследованных водоемов-охладителей

Table 7
Comparative characteristics of the zooplankton structure and diversity in the hydrothermal zones of the investigated cooling reservoirs

Показатели	Озеро Кенон	Харанорское водохранилище
Число видов	Общее	16
	min–max	4–10
N, тыс. экз./м ³ (min–max)	147–407	163–2245
B, мг/м ³ (min–max)	715–2624	321–15336
H_n (min–max)	2,33–3,35	1,22–2,33
I_d (min–max)	0,16–0,39	0,30–0,59
e (min–max)	0,69–0,92	0,44–0,82
Трофический тип	Мезотрофный	Эвтрофный

показали, что в плотных зарослях рдестов (пронзеннолистного и курчавого) обитает богатый (20–31 вид), разнообразный и полидоминантный зооценоз с высоким значением выравненности (0,75) (Афони́на, Итигилова 2014). В Харанорском водохранилище наибольшая плотность беспозвоночных (преимущественно кладоцер — 73%) наблюдается на участке у уреза воды (2245 тыс. экз./м³ и 15 336 мг/м³), возможно, за счет прибойных и волновых процессов. На других станциях обогреваемой зоны общая численность и биомассы значительно ниже и составляет 22–286 тыс. экз./м³ и 163–542 мг/м³.

Зоопланктонное сообщество озера Кенон характеризуется как разнообразное, с высоким значением выравненности и полидоминантности. При этом в зооценозе Харанорского водохранилища отмечается усиление доминирования двух видов. Согласно индексу разнообразия, трофность озера Кенон соответствует мезотрофному типу, Харанорского водохранилища — эвтрофному.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в 2019 г. в период наибольшего прогревания водных масс, показали различный характер распределения и структуру зоопланктона в гидротермальной зоне двух водоемов-охладителей — оз. Кенон и Харанорского водохранилища. В озере отмечено 30 видов. Общая численность по станциям от-

бора проб варьировала в пределах 147–407 тыс. экз./м³ и общая биомасса — 715–2624 мг/м³. В состав доминирующего комплекса входили *K. quadrata*, *C. quadrangula*, *B. longirostris*, *C. rectangula*, *P. pediculus*, *M. leuckarti*, *T. crassus*. Основная концентрация зоопланктеров регистрировалась в зоне произрастания водной растительности. В водохранилище встречено 16 видов беспозвоночных. Количественные показатели варьировали в пределах 163–2245 тыс. экз./м³ и 321–15 336 мг/м³. Основу численности формировали коловратки *A. fissa*, *T. stylata*, *S. pectinata*, *C. coenobasis*, *F. longiseta* и ракообразные *B. longirostris*, *T. crassus*. Наиболее плотные скопления отмечались на участке уреза воды.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Проекта СО РАН IX.137.1.3. «Биоразнообразие природных и природно-техногенных экосистем Забайкалья (Центральной Азии) как индикатор динамики региональных изменений климата», № госрегистрации АААА-А17-117011210078-9.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research is part of the SB RAS Project IX.137.1.3. “The biodiversity of natural and natural-anthropogenic ecosystems in Transbaikalia (Central Asia) as an indicator of regional climate change dynamic”, State Registration No. АААА-А17-117011210078-9.

Литература

- Андроникова, И. Н. (1996) *Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем*. СПб.: Наука, 189 с.
- Андрюк, А. А. (2005) Система технического водоснабжения ГРЭС. В кн.: В. В. Кириллов (ред.). *Водоем-охладитель Харанорской ГРЭС и его жизнь*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, с. 27–29.
- Афонин, А. В., Афони́на, Е. Ю., Ташлыкова, Н. А. и др. (2014) Современное состояние экосистемы водоема-охладителя Харанорской ГРЭС и оценка эффективности вселения растительноядных рыб. В кн.: *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Т. 1*. Ярославль: Филигрань, с. 115–118.
- Афони́на, Е. Ю. (2012) *Зоопланктон наливного водохранилища-охладителя Харанорской ГРЭС: динамика формирования разнообразия и экология. Диссертация на соискание степени кандидата биологических наук*. Иркутск, ИГУ, 186 с.
- Афони́на, Е. Ю. (2014) Эколого-фаунистическая характеристика планктонной фауны водохранилища-охладителя Харанорской ГРЭС. В кн.: *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Т. 1*. Ярославль: Филигрань, с. 56–59.

- Афонина, Е. Ю., Итигилова, М. Ц. (2014) Структура зоопланктонного сообщества в зарослях высшей водной растительности озера Кенон. В кн.: А. В. Константинов, Н. Н. Константинова, И. Ю. Маальчикова и др. (ред.). *Забайкалье: природа, экономика, история, культура*. Чита: ЗабГУ, с. 124–130. (Записки Забайкальского отделения Русского географического общества. Вып. СXXXIII).
- Афонина, Е. Ю., Ташлыкова, Н. А., Базарова, Б. Б. (2017) Современный видовой состав и структура сообществ гидробионтов озера Кенон (Забайкальский край). *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*, т. 122, № 1, с. 71–83.
- 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.
- Безносков, В. Н., Суздалева, А. Л. (2005) Сукцессионное развитие экосистем техногенных водоемов. В кн.: О. Ф. Филенко (ред.). *Антропогенные влияния на водные экосистемы*. М.: Товарищество научных изданий КМК, с. 120–129.
- Киселев, И. А. (1969) *Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1*. Л.: Наука, 658 с.
- Кутикова, Л. А. (1970) *Коловратки фауны СССР (Rotatoria)*. Л.: Наука, 744 с.
- Кутикова, Л. А. (2005) *Бделлоидные коловратки фауны России*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 315 с.
- Мэгарран, Э. (1992) *Экологическое разнообразие и его измерение*. М.: Мир, 181 с.
- Песенко, Ю. А. (1982) *Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях*. М.: Наука, 286 с.
- Смирнов, Н. Н. (1971) *Chydoridae фауны мира*. Л.: Наука, 531 с. (Новая серия. Фауна СССР. Ракообразные. № 101. Т. 1. Вып. 2).
- Суздалева, А. Л. (2002) *Структура и экологическое состояние природно-техногенных систем водоемов-охладителей АЭС. Автореферат диссертации на соискание степени доктора биологических наук*. М., МГУ, 53 с.
- Суздалева, А. Л., Безносков, В. Н. (2000) Изменение гидрологической структуры водоемов при их превращении в водоемы-охладители атомной (тепловой) электростанции. *Инженерная экология*, № 2, с. 47–55.
- Токарева, О. Ю. (2004) *Комплексный анализ изменения состояния водоема-охладителя ТЭС и возможные пути его восстановления (на примере озера в г. Чите). Диссертация на соискание степени кандидата технических наук*. Чита, ЧитГУ, 127 с.
- Федоров, В. Д., Гильманов, Т. Г. (1980) *Экология*. М.: Изд-во МГУ, 464 с.
- Чечель, А. П., Цыганок, В. И. (1998) Физико-географические условия и уровенный режим оз. Кенон. В кн.: О. М. Кожова, М. Ц. Итигилова (ред.). *Экология городского водоема*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, с. 5–13.
- Чуйков, Ю. С. (2000) *Материалы к кадастру планктонных беспозвоночных бассейна Волги и северного Каспия. Коловратки (Rotatoria)*. Тольятти: ИЭВБ РАН, 196 с.
- Voxshall, G. A., Defaye, D. (2008) Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, vol. 595, no. 1, pp. 195–207. DOI: 10.1007/s10750-007-9014-4
- Dumont, H. J., Negrea, S. V. (2002) *Introduction to the class Branchiopoda*. Leiden: Backhuys, 388 p. (Guides to the identification of the microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 19).
- Dussart, B. H., Defaye, D. (2002) *World directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. I — Calaniformes*. Leiden: Backhuys, 276 p.
- Dussart, B. H., Defaye, D. (2006) *World directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. II — Cyclopiformes*. Leiden: Backhuys, 354 p.
- Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrussek, A. (2008) Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, vol. 595, no. 1, pp. 177–184. DOI: 10.1007/s10750-007-9013-5
- Ruttner-Kolisko, A. (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie. Beihefte. Ergebnisse der Limnologie*, Bd. 8, S. 71–76.
- Segers, H. (2007) Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, vol. 1564, no. 1, pp. 1–104. DOI: 10.11646/zootaxa.1564.1.1

Tashlykova, N. A., Afonina, E. Yu. (2019) Development of plankton communities in the anthropogenic hydrothermal conditions of Kenon Lake as a cooling reservoir (Transbaikalia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences*, vol. 321, article 012058. DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012058

References

- Afonin, A. V., Afonina, E. Yu., Tashlykova, N. A. et al. (2014) Sovremennoe sostoyanie ekosistemy vodoema-okhladitelya Kharanorskoj GRES i otsenka effektivnosti vseleniya rastitel'noyadnykh ryb [Current state of ecosystem in the cooling reservoir of the Kharanorskaya TPP and assessment of the herbivorous fish introduction]. In: *Antropogennoe vliyanie na vodnye organizmy i ekosistemy [Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems]*. Vol. 1. Yaroslavl: Filigran' Publ., pp. 115–118. (In Russian)
- Afonina, E. Yu. (2012) *Zooplankton nalivnogo vodokhranilishcha-okhladitelya Kharanorskoj GRES: dinamika formirovaniya raznoobraziya i ekologiya [Zooplankton in the bulk cooling reservoir of the Kharanorskaya TPP: Diversity formation dynamics and ecology]*. PhD dissertation (Biology). Irkutsk, Irkutsk State University, 186 p. (In Russian)
- Afonina, E. Yu. (2014) Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika planktonnoj fauny vodokhranilishcha-okhladitelya Kharanorskoj GRES [Ecological and faunistic characteristics of planktonic fauna in the cooling reservoir of the Kharanorskaya TPP]. In: *Antropogennoye vliyaniye na vodnyye organizmy i ekosistemy [Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems]*. Vol. 1. Yaroslavl: Filigran' Publ., pp. 56–59. (In Russian)
- Afonina, E. Yu., Itigilova, M. Ts. (2014) Struktura zooplanktonnogo soobshchestva v zaroslyakh vysshej vodnoj rastitel'nosti ozera Kenon [Zooplankton community structure in the higher aquatic plant thickets of Lake Kenon]. In: A. V. Konstantinov, N. N. Konstantinova, I. Yu. Malchikova et al. (eds.). *Zabaykal'ye: priroda, ekonomika, istoriya, kul'tura [Transbaikalia: Nature, economics, history, culture]*. Chita: Transbaikal State University Publ., pp. 124–130. (Zapiski Zabajkal'skogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva [Notes of the Transbaikal Branch of the Russian Geographical Society]. Vol. 133). (In Russian)
- Afonina, E. Yu., Tashlykova, N. A., Bazarova, B. B. (2017) Sovremennyy vidovoy sostav i struktura soobshchestv gidrobiontov ozera Kenon (Zabaykal'skiy kraj) [Modern species composition and structure of hydrobiont communities in the Kenon Lake (Zabaikalsky Krai)]. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij — Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Department*, vol. 122, no. 1, pp. 71–83. (In Russian)
- Andronikova, I. N. (1996) *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem [Structural and functional organization of zooplankton lake ecosystems of different trophic types]*. Saint Petersburg: Nauka Publ., 189 p. (In Russian)
- Andryuk, A. A. (2005) Sistema tekhnicheskogo vodosnabzheniya GRES [System of technical water supply for state district power station]. In: V. V. Kirillov (ed.). *Vodoyem-okhladitel' Kharanorskoj GRES i ego zhizn' [Cooling pond of the Kharanorskaya TPP and his life]*. Novosibirsk: SB RAS Publ., pp. 27–29. (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.). *Obshchie osnovy izucheniya vodnykh ekosistem [General principles of study of aquatic ecosystems]*. Leningrad: Nauka Publ., pp. 169–172. (In Russian)
- Beznosov, V. N., Suzdaleva, A. L. (2005) Suktsessionnoye razvitiye ekosistem tekhnogennykh vodoyemov [Succession development of ecosystems in technogenic reservoirs]. In: O. F. Filenko (ed.). *Antropogennyye vliyaniya na vodnye ekosistemy [Anthropogenic influences on aquatic ecosystems]*. Moscow: KMK Scientific Press, pp. 120–129. (In Russian)
- Boxshall, G. A., Defaye, D. (2008) Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, vol. 595, no. 1, pp. 195–207. DOI: 10.1007/s10750-007-9014-4 (In English)
- Chechel, A. P., Tsyganok, V. I. (1998) Fiziko-geograficheskie usloviya i urovnyj rezhim oz. Kenon [Physico-geographical conditions and the level regime of Kenon Lake]. In: O. M. Kozhova, M. Ts. Itigilova (eds.). *Ekologiya gorodskogo vodoema [Urban pond ecology]*. Novosibirsk: SB RAS Publ., pp. 5–13. (In Russian)
- Chuykov, Yu. S. (2000) *Materialy k kadastru planktonnykh bespozvonochnykh bassejna Volgi i severnogo Kaspiya. Kolovratki (Rotatoria) [Materials for the inventory of planktonic invertebrates in the Volga basin and the northern Caspian. Rotifers (Rotatoria)]*. Tolyatti: Institute of Ecology of the Volga river basin of the RAS Publ., 196 p. (In Russian)

- Dumont, H. J., Negrea, S. V. (2002) *Introduction to the class Branchiopoda*. Leiden: Backhuys, 388 p. (Guides to the identification of the microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Vol. 19). (In English)
- Dussart, B. H., Defaye, D. (2002) *World directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. I — Calaniformes*. Leiden: Backhuys, 276 p. (In English)
- Dussart, B. H., Defaye, D. (2006) *World directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. II — Cyclopiformes*. Leiden: Backhuys, 354 p. (In English)
- Fedorov, V. D., Gilmanov, T. G. (1980) *Ekologiya [Ecology]*. Moscow: Moscow State University Publ., 464 p. (In Russian)
- Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrusek, A. (2008) Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, vol. 595, no. 1, pp. 177–184. DOI: 10.1007/s10750-007-9013-5 (In English)
- Kiselev, I. A. (1969) *Plankton morej i kontinental'nykh vodoemov [Plankton of the seas and continental waters]. Vol. 1*. Leningrad: Nauka Publ., 658 p. (In Russian)
- Kutikova, L. A. (1970) *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria) [Rotifer fauna of the USSR (Rotatoria)]*. Leningrad: Nauka Publ., 744 p. (In Russian)
- Kutikova, L. A. (2005) *Bdelloidnye kolovratki fauny Rossii [Bdelloid rotifer fauna of Russia]*. Moscow: KMK Scientific Press, 315 p. (In Russian)
- Magurran, A. (1992) *Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie [Ecological diversity and its measurement]*. Moscow: Mir Publ., 181 p. (In Russian)
- Pesenko, Yu. A. (1982) *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies]*. Moscow: Nauka Publ., 286 p. (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)
- Segers, H. (2007) Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, vol. 1564, no. 1, pp. 1–104. DOI: 10.11646/zootaxa.1564.1.1 (In English)
- Smirnov, N. N. (1971) *Chydoridae fauny mira [Chydoridae fauna of the world]*. Leningrad: Nauka Publ., 531 p. (Novaya seriya. Fauna SSSR. Rakoobraznye [New series. Fauna of the USSR. Chydoridae]. No. 101. Vol. 1. Iss. 2). (In Russian)
- Suzdaleva, A. L. (2002) *Struktura i ekologicheskoe sostoyanie prirodno-tekhnogennykh sistem vodoemov-okhladitelej AES [Structure and ecological status of natural-technogenic systems of cooling ponds for nuclear power plants]. Extended abstract of PhD dissertation (Biology)*. Moscow, Moscow State University, 53 p. (In Russian)
- Suzdaleva, A. L., Beznosov, V. N. (2000) *Izmenenie gidrologicheskoy struktury vodoemov pri ikh prevrashchenii v vodoemy-okhladiteli atomnoj (teplovoj) elektrostantsii [Changes in the hydrological structure of water bodies during their transformation into cooling water bodies of a nuclear (thermal) power plant]. Inzhenernaya ekologiya — Engineering Ecology*, no. 2, pp. 47–55. (In Russian)
- Tashlykova, N. A., Afonina, E. Yu. (2019) Development of plankton communities in the anthropogenic hydrothermal conditions of Kenon Lake as a cooling reservoir (Transbaikalia). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences*, vol. 321, article 012058. DOI: 10.1088/1755-1315/321/1/012058 (In English)
- Tokareva, O. Yu. (2004) *Kompleksnyj analiz izmeneniya sostoyaniya vodoema-okhladitelya TES i vozmozhnye puti ego vosstanovleniya (na primere ozera v g. Chite) [Comprehensive analysis of changes in the state of the cooling reservoir of TPP and possible ways to restore it (on the example of a lake in Chita)]. PhD dissertation (Technical Sciences)*. Chita, Chita State University, 127 p. (In Russian)

Для цитирования: Афонина, Е. Ю. (2020) Структура и распределение зоопланктона гидротермальной зоны водоемов-охладителей (Забайкальский край). *Амурский зоологический журнал*, т. XII, № 2, с. 117–131. DOI: 10.33910/2686-9519-2020-12-2-117-131

Получена 27 января 2020; прошла рецензирование 24 апреля 2020; принята 25 апреля 2020.

For citation: Afonina, E. Yu. (2020) Zooplankton structure and distribution in the hydrothermal zone of cooling reservoirs (Trans-Baikal Territory). *Amurian Zoological Journal*, vol. XII, no. 2, pp. 117–131. DOI: 10.33910/2686-9519-2020-12-2-117-131

Received 27 January 2019; reviewed 24 April 2019; accepted 25 April 2019.