



<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2022-14-2-299-311>
<http://zoobank.org/References/E15FB12A-61EB-472A-A4CF-256D1AF8D7D5>

УДК 574.583:592(282.247.1)

Видовое разнообразие зоопланктона техногенных водоемов Юго-Восточного Забайкалья

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
SPIN-код: 7861-7140
Scopus Author ID: 35168425700
ResearcherID: J-6340-2016
ORCID: 0000-0002-4385-7747

Права: © Автор (2022). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Аннотация. Одним из элементов техногенного ландшафта, образованного в результате открытой разработки полезных ископаемых, являются различные водоемы (карьерные озера, подпрудные озера, пруды хвостохранилищ). Целью настоящей работы является изучение разнообразия сообщества планктонных беспозвоночных в водоемах антропогенного генезиса. Гидробиологические исследования техногенных водоемов горнопромышленной территории Юго-Восточного Забайкалья (Шерловгорское олово-полиметаллическое, Спокойнинское вольфрамное, Жипкошинское сурьмяное, Малокулундинское и Орловское редкометалльные месторождения) проводились впервые. По данным исследований в июне 2021 г. зоопланктон водоемов характеризовался невысоким видовым разнообразием (всего 63 вида) и широким размахом вариаций количественных показателей (численность — 5,89–601,44 тыс. экз./м³, биомасса — 19,79–1447,28 мг/м³). Доминирующий комплекс сообществ зоопланктона различался и слагался преимущественно видами из ротаторной и копеподной фаун.

Ключевые слова: коловратки, ракообразные, видовой состав, доминирующие виды, численность, биомасса, техногенный водоем

Zooplankton species diversity in technogenic reservoirs of the Southeastern Transbaikalia

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
SPIN: 7861-7140
Scopus Author ID: 35168425700
ResearcherID: J-6340-2016
ORCID: 0000-0002-4385-7747

Copyright: © The Author (2022). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. Various water bodies (quarry lakes, dammed lakes, tailings ponds) are part of the technogenic landscape formed as a result of open mineral mining. The main aim of this paper is to study the zooplankton community diversity in reservoirs of anthropogenic origin. Hydrobiological studies of technogenic reservoirs in the mining area of the Southeastern Transbaikalia (Sherlovogorskoye tin-polymetallic, Spokoininskoe tungsten, Zhipkoshinskoe antimony, Malokulundinskoe and Orlovskoe rare-metal deposits) were carried out in June 2021 for the first time. Zooplankton in these water bodies was characterized by low species diversity (63 species in total) and a wide range of variation in quantitative indicators (abundance 5.89–601.44 × 1000 ind./ m³, biomass 19.79–1447.28 mg/m³). The dominant complex of zooplankton communities differed and consisted mainly of species from Rotifera and Copepoda.

Keywords: rotifers, crustaceans, species composition, dominants, abundance, biomass, technogenic reservoirs

Введение

Горнодобывающая промышленность является интенсивным источником техногенного воздействия на окружающую среду. В местах воздействия объектов горнопромышленного комплекса не только уничтожаются растительность и почвы, но и видоизменяется рельеф, водный режим, активизируются эрозионные процессы. Возникает новый, карьерно-отвалный, тип местности (Солодухина, Помазкова 2014). Одним из элементов техногенного ландшафта являются водоемы (карьерные озера) — своеобразные экосистемы, нередко обладающие экстремальными для живых организмов условиями среды (Романов и др. 2011). Воды в таких озерах зачастую характеризуются аномально высокими концентрациями тяжелых металлов и других токсикантов или, напротив, отличаются крайне низкими концентрациями большинства компонентов (Чечель 2018). Несмотря на различия в условиях образования, контролируемых процессами горнопромышленного техногенеза, водоемы как аквальные системы техногенного происхождения имеют и общие черты с природными озерными системами (Удачин и др. 2009). Цель настоящей работы — изучение разнообразия сообщества планктонных беспозвоночных в водоемах антропогенного генезиса.

Материалы и методы исследований

Территория горнопромышленных объектов Юго-Восточного Забайкалья — Шерловогорское олово-полиметаллическое, Спокойнинское вольфрамовое, Жипкошинское сурьмяное, Малокулундинское и Орловское редкометалльные месторождения — находится в пределах Онон-Аргунской степи и представляет собой преимущественно степное среднегорье с небольшими участками лесостепных ландшафтов (Солодухина, Помазкова 2014). На территории в естественных условиях формируются слабокислые и околонейтральные ультрапресные и пресные гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые воды. Изменение условий водо-

обмена и дренирования подземных вод в результате техногенного нарушения геологического пространства в процессе отработки месторождений стало причиной трансформации вод зоны выщелачивания, являющихся основным источником питания карьерных озер. Как следствие, изученные техногенные водоемы имеют существенные отличия от вод, формирующихся в ненарушенных условиях, как по величине водородного показателя, так и по химическому составу (Чечель 2018).

Месторождения (кроме Спокойнинского) в настоящее время не разрабатываются. Освоение Спокойнинского месторождения ведется открытым способом. Хвостохранилище Орловского ГОКа, в которое ранее производился сброс хвостов обогащения вольфрамовых и танталовых руд, сейчас заполняется пульпой переработки руд Спокойнинского вольфрамового месторождения.

Гидробиологические исследования техногенных водоемов на рассматриваемой территории проводились впервые. Полевой материал собирали в июне 2021 г. на водоемах (карьерах, прудах, хвостохранилищах) горнопромышленных объектов Шерловогорского, Спокойнинского, Малокулундинского, Жипкошинского и Орловского месторождений.

При сборе проб зоопланктона использовалась сеть Джеди (средней модели) с фильтрующим конусом из капронового сита № 67 и гидробиологический сачок, через который процеживали 100 л воды. Камеральная обработка фиксированных 4%-ным формалином образцов проводилась в лабораторных условиях с использованием стандартной методики (Киселев 1969). Данные по биомассе зоопланктона получали путем определения индивидуальной массы организмов с учетом их размера (Ruttner-Kolisko 1977; Балушкина, Винберг 1969). Видовая принадлежность идентифицировалась по Л. А. Кутиковой (1970; 2005), Н. Н. Смирнову (1971), Е. В. Боруцкому и др. (1991), С. Я. Цалолихину (ред.) (2005), Н. М. Коровчинскому и др. (2021).

Одновременно с отбором проб проводилось определение температуры воды с помощью термометра Digital Thermometer E4770. Глубину измеряли лотом, прозрачность воды — по белому диску Секки.

Результаты исследований и их обсуждение

Характеристика станций отбора проб

В районе Шерловогорского месторождения исследовались семь водоемов. Рудный карьер (ШГ-1 — побережье, ШГ-2 — центр), образовавшийся в результате добычи оловополиметаллических руд, представляет собой воронку, на дне которой образовалось техногенное озеро глубиной более 35 м. Вода прозрачная, на момент обследования прозрачность составляла 3 м. Пруд 1 (ШГ-5) — пруд карьера от добычи россыпного олова под восточными отвалами рудного карьера. Вода прозрачная, голубого оттенка. Вдоль берега отмечались заросли тростника. Пруд 2 (ШГ-6) — верхний западный пруд у дамбы. Заросли тростника занимали ширину побережья до 5 м. Вода мутная, буро-желтого цвета. Водоем под отвалами (ШГ-8) расположен на западном борту рудного карьера. Вода прозрачная. Вдоль берега отмечались куртины рдеста, калужницы, рогоза, тростника. В водоеме по опросным данным обитают мелкие карась, окунь, сом. У западной окраины пгт. Шерловая Гора расположено подпрудное озеро (ШГ-9), активно используемое местными жителями как место отдыха и для любительского рыболовства. Береговая зона занята зарослями тростника. Озеро в карьере (ШГ-10) находится к востоку от хвостохранилища обогатительной фабрики. Вода прозрачная, голубоватого цвета. Вдоль берега произрастал тростник. По опросным данным рыбаков-любителей, в водоеме обитают сазан, окунь, карась. Пруд хвостохранилища (ШГ-11), расположенный у северной оконечности, представляет собой обезвоженное озеро, максимальной глубиной до 0,5 м.

В районе Орловского месторождения опробирование проводилось в хвостохранилище и дренажном водоеме. В настоящее время пруд хвостохранилища запол-

няется пульпой переработки вольфрамовых руд Спокойнинского вольфрамового месторождения. Глубина в центральной части пруда (ОР-1) составляла 3,6 м. Вода мутная, прозрачность — 0,6 м. Вдоль берега хвостохранилища (ОР-3) наблюдались затопленные кустарники ивы, береза. Дренажный водоем (ОР-7) — подпрудное озеро ниже дамбы хвостохранилища. Питание озера осуществляется за счет разгрузки (инфильтрации) хвостохранилища. Вода мутная.

На территории Спокойнинского месторождения отбор проб осуществлялся в пруду старого хвостохранилища обогатительной фабрики (ОР-8). Пруд заполнен кварц-полевошпатовым песком. Вода прозрачная, желтого цвета из-за опада ивовой листвы.

В районе Малокулундинского месторождения исследовался подпрудный водоем у правого по долине края дамбы р. Малая Кулинда (МК-2). Водоток протекает среди малопроезжих зарослей ивы, пропадает в грунтах, местами состоит из изолированных мелких водоемов. Ширина водотока не превышала 0,5 м. Вода в подпрудном озере прозрачная, желтая из-за листового опада. Грунт в месте отбора илистый, глубиной до 0,2 м.

Жипкошинский карьер (ЖП-2) — нижний западный карьер. Вода прозрачная, зеленого цвета вследствие бурного развития нитчаток.

Некоторые показатели станций отбора проб представлены в таблице 1.

Видовой состав и количественные показатели зоопланктона

Зоопланктон техногенных водоемов рудных месторождений характеризовался невысоким видовым разнообразием. Всего отмечено 63 таксона рангом ниже рода, из которых Rotifera — 40 видов и подвидов, Cladocera — 13 и Copepoda — 10. В пробах встречались также беспанцирные коловратки отряда Bdelloida (табл. 2).

Впервые для территории Забайкальского края (по имеющимся литературным

Таблица 1

Координаты (GPS), высота (Alt), глубина отбора (h), прозрачность (Tr) и температура воды (T) в техногенных водоемах в июне 2021 г.

Table 1

GPS coordinates, altitude (Alt), sampling depth (h), water transparency (Tr) and temperature (T) of technogenic reservoirs in June 2021

Месторождение	Объект опробования	Номер точки	GPS	Alt, м н.у.м.	h/Tr, м	T, °C
Шерловогорское	рудный карьер	ШГ-1	50°33.128' 116°16.088'	769	до 0,5/ ДД	15,3
		ШГ-2	50°32.992' 116°16.116'	769	28/3	5–15,7*
	пруд 1	ШГ-5	50°33.287' 116°16.917'	761	до 0,5/ ДД	18,2
	пруд 2	ШГ-6	50° 33.299' 116°16.867'	765	до 0,5/ ДД	21,6
	озеро под отвалами рудного карьера	ШГ-8	50°32.385' 116°15.919'	810	до 0,5/ ДД	18,1
	подпрудное озеро у пгт. Шерловая Гора	ШГ-9	50°31.251' 116°17.841'	715	до 0,5/ ДД	17,6
	озеро в карьере	ШГ-10	50°33.154' 116°17.875'	726	до 0,5/ ДД	15,5– 16,6*
	хвостохранилище	ШГ-11	50°32.673' 116°17.421'	777	до 0,5/ ДД	24
Орловское	хвостохранилище	ОР-1	51°05.119' 114°45.593'	798	до 0,5/ ДД	13,5
		ОР-3	51°05.178' 114°45.717'	798	3,6	14,8– 17,6*
	озеро ниже дамбы хвостохранилища	ОР-7	51°05.629' 114°45.695'	697	до 0,5/ ДД	13
Спокойнинское	хвостохранилище	ОР-8	51°04.111' 114°52.201'	787	до 0,5/ ДД	11,6
Малокулундинское	подпрудное озеро	МК-2	50°58.705' 115°40.782'	665	до 0,7/ ДД	15,8
Жипкошинское	озеро в карьере	ЖП-2	51°36.471' 113°15.229'	836	до 0,5/ ДД	11,6

Примечание: * min–max, ДД — до дна.

Note: * min–max, dd—reaching the bottom.

сводкам) отмечены два вида беспозвоночных. Это коловратка *Lophocharis oxysternon* и копепода *Cyclops furcifer*.

L. oxysternon — обитатель прибрежной зоны водоемов, среди водной растительности (Кутикова 1970). В Орловском хвостохранилище вид обнаружен в прибрежье среди растительного детрита.

C. furcifer встречается почти исключительно в небольших пересыхающих водоемах, реже в прибрежье крупных водоемов.

Пресноводный, но переносит минерализацию до 15‰. Обитает в водах с рН от 6,6 до 8,2 (Рылов 1948). Вид в массе встречался в р. Малая Кулинда, популяция рачка состояла в основном из младшевозрастных стадий.

В трех обследованных водоемах (Спокойнинское хвостохранилище, подпрудное озеро на р. М. Кулинда и Жипкошинский карьер) отмечена редкая кладоцера *Daphnia (Daphnia) curvirostris*. Вид преимущественно обитает во временных во-

Таблица 2

Видовой состав зоопланктона техногенных водоемов рудных месторождений

Table 2

Species composition of zooplankton in technogenic reservoirs of the ore deposits

Таксон	Точки отбора проб							
	OP-1, 3	OP-7	OP-8	ЖП-2	МК-2	ШГ-8	ШГ-9	ШГ-10
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rotifera								
<i>Bdelloidea</i> gen. sp.	+	+	+	-	-	-	+	
<i>Habrothrocha</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philodina</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notommata allontois</i> Wulfert, 1935	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. collaris</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>N.</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>C.</i> sp.	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank, 1802)	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>P. longiremis</i> (Carlin 1943)	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>P. remata</i> Skorikov 1896	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank, 1793)	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Colurella obtusa</i> Gosse, 1861	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>C. uncinata</i> (Müller, 1773)	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>T. tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. incisa</i> Carlin, 1939	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. deflexa</i> Gosse, 1851	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. angularis bidens</i> Platte, 1886	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>B. calyciflorus calyciflorus</i> Pallas, 1776	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> Hermann, 1783	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>B. quadridentatus brevispinus</i> Ehrenberg, 1832	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	+	-	-	-	+	+
<i>K.</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>N. squamula</i> (O. F. Muller, 1786)	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Kellicottia longispina</i> Kellicott, 1879	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. mucronata</i> (Gosse, 1886)	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-	-	+	-	-	-	-	-

Таблица 2. Окончание
Table 2. Completion

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cladocera								
<i>Diaphanosoma</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Daphnia (Daphnia) curvirostris</i> Eylmann, 1887	–	–	+	+	+	–	–	–
<i>D. galeata</i> Sars, 1864	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>D.</i> sp.	–	–	–	–	–	+		–
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	–	–	–	–	–	–	+	–
<i>Pleuroxus</i> sp.	–	+	–	–	–	–	–	–
Alonella sp.								
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1785)	+	+	–	+	–	–	+	+
<i>Acroperus harpae</i> Baird, 1843	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>A. costata</i> Sars, 1862	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>A.</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>Coronatella rectangula</i> (G. O. Sars, 1862)	+	–	–	–	–	–	+	–
Copepoda								
<i>Neutrodiaptomus incongruence</i> (Poppe, 1888)	+	–	+	–	–	–	–	–
<i>Arctodiaptomus niethammeri</i> (Mann, 1940)	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	–	–	–	–	+	+	+
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Cyclops furcifer</i> Claus, 1857	–	–	–	–	+	–	–	–
<i>C. vicinus</i> Uljanin, 1875	+	+	+	–	–	–	–	–
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>Microcyclops</i> sp.	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Metacyclops</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	+
<i>Thermocyclops dybowskii</i> (Lande, 1890)	–	–	–	–	–	–	–	+
Общее число таксонов	32	17	13	2	3	5	12	9

доемах, а также в небольших постоянных прудах при pH = 4,4–7,5, выдерживает осолонение до 5,9‰ (Коровчинский и др., 2021).

Общее количество обнаруженных таксонов изменялось от 2–3 до 32. Наибольшее видовое богатство планктонной фауны отмечалось в Орловском хвостохранилище (в прибрежье), наименьшее — в Жипкошинском карьере и подпрудном озере р. Малая Кулинда.

В зоогеографическом отношении большинство видов коловраток и ракообразных являются космополитами (52%), к голарктам относятся 35%, к палеарктам — 15% (рис. 1: 1).

Населяющие техногенные водоемы виды имеют преимущественно широкое распространение. Такие виды, как *Brachionus quadridentatus*, *Euchlanis dilatata*, *Lecane*

luna, *Cephalodella gibba*, *Trichocerca longiseta*, в настоящее время населяют все биогеографические районы планеты. Виды *Mytilina mucronata*, *Kellicottia longispina*, *Daphnia galeata*, *Alona guttata* представляют только Голарктическую биогеографическую зону (Неарктика и Палеарктика), виды *Cyclops vicinus* и *Neutrodiaptomus incongruens* — палеарктическую.

В составе зоопланктона техногенных водоемов наряду с эврибионтными видами (35%) практически в равной степени отмечались литоральные (24%) и фитофильные (22%) формы (рис. 1: 2). Широко представлены также типичные планктонные формы (16%). Среди эврибионтных видов встречались *Cephalodella gibba*, *Lecane luna*, *Euchlanis dilatata*, *Brachionus angularis*, *Keratella quadrata*, *Chydorus sphaericus*, *Coronatella rectangula*, *Eucyclops*

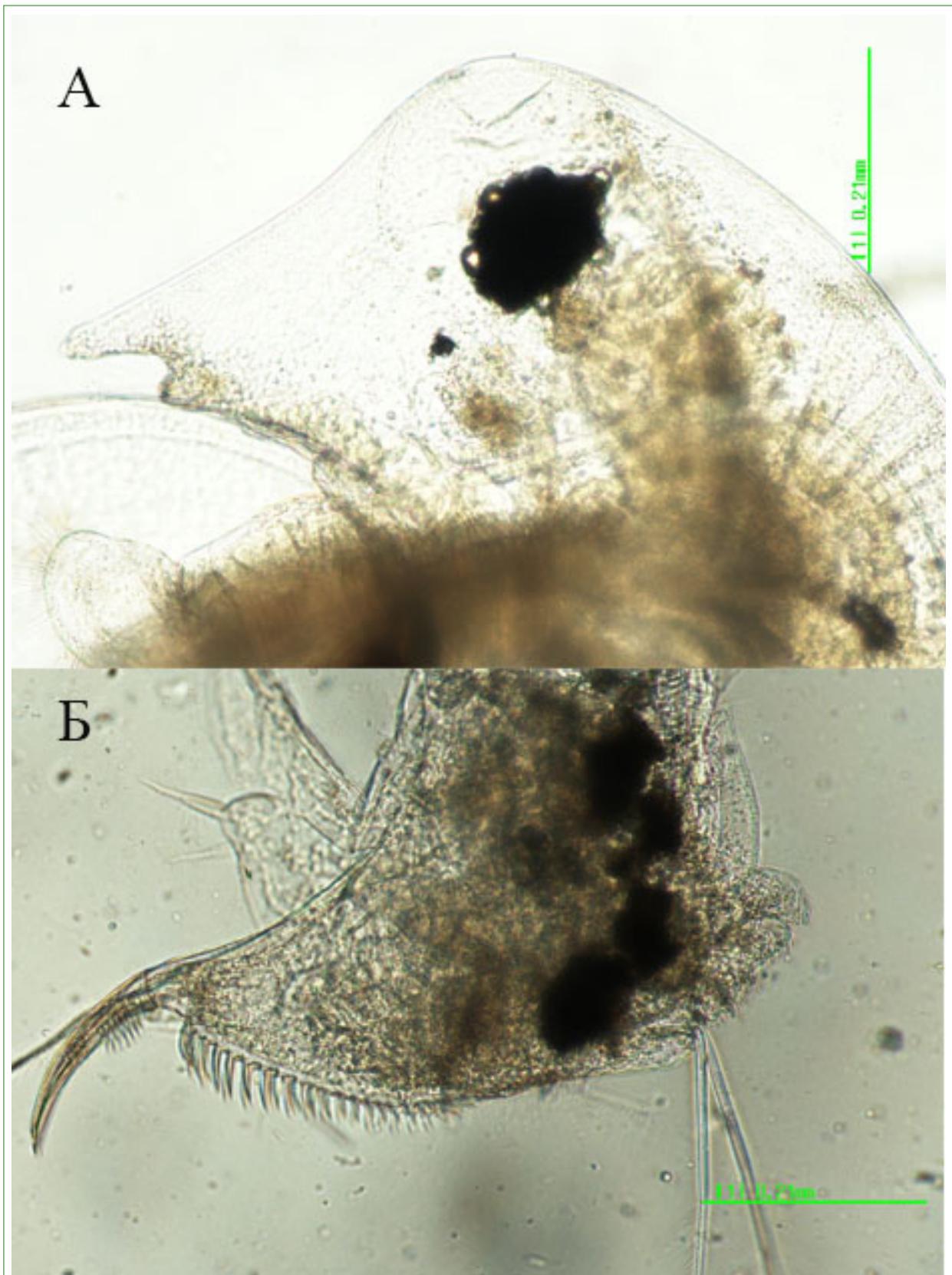
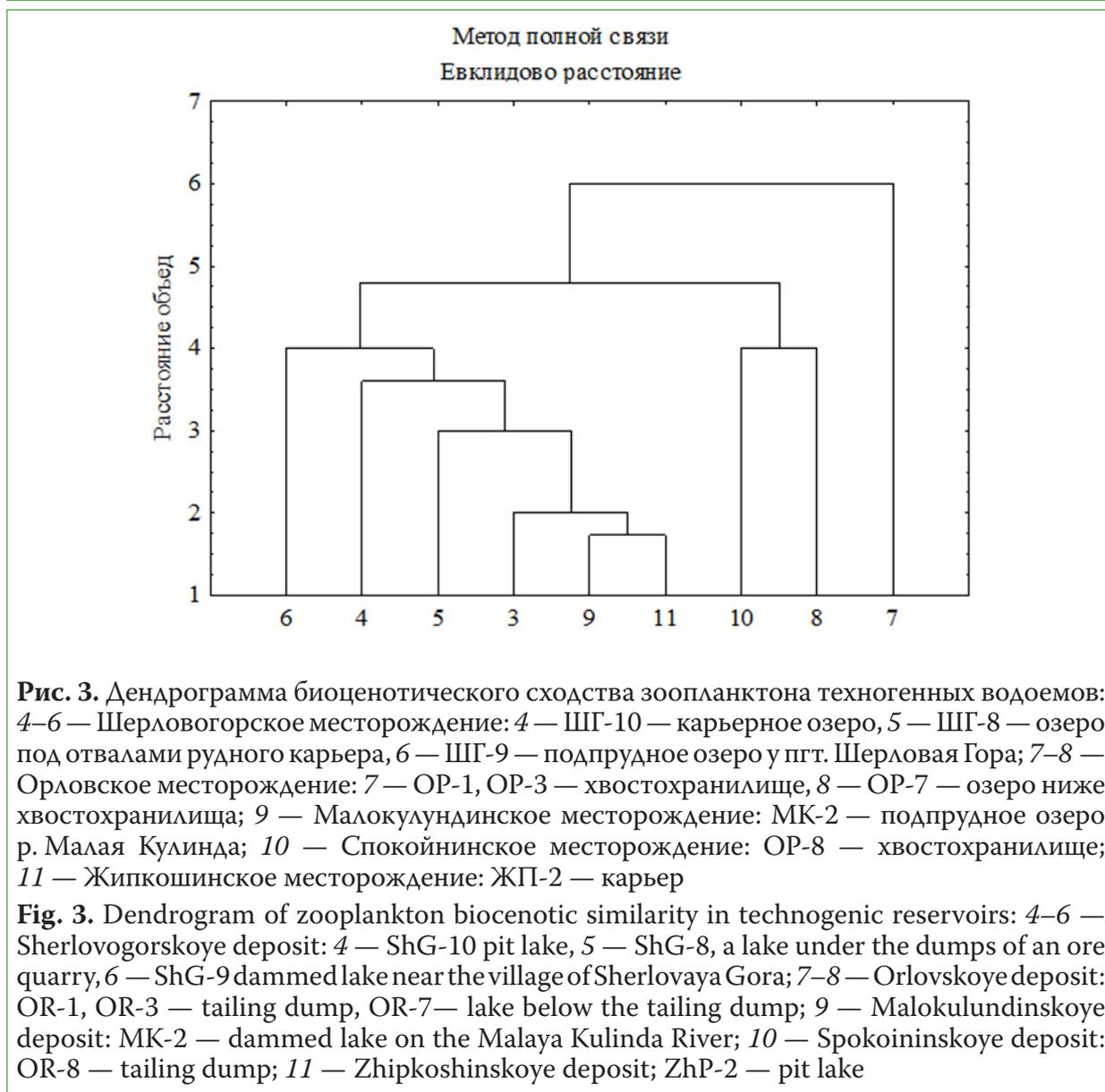
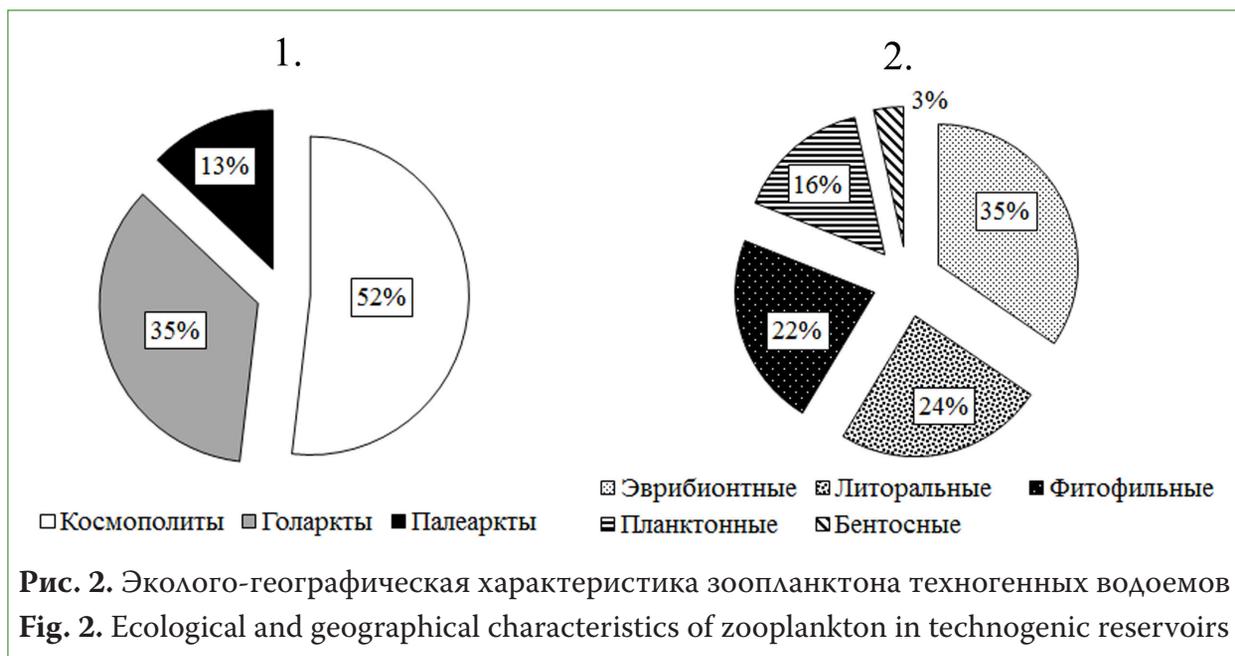


Рис. 1. *Daphnia (D.) curvirostris*. Парthenогенетическая самка: А — голова с боковой стороны, Б — постабдомен

Fig. 1. *Daphnia (D.) curvirostris*. Parthenogenetic female: А — head, lateral view, Б — postabdomen, lateral view



serrulatus. К представителям литорально-фитофильной фауны среди коловраток относятся виды родов *Euchlanis*, *Trichocerca*, *Mytilina*, *Notommata*, *Testudinella*, среди ракообразных — виды из ряда родов семейства Chydoridae.

Животный планктон обследованных водоемов характеризовался высокой видоспецифичностью. В дендрограмме биоценотического сходства зоопланктона, построенной по встречаемости видов в водоеме, выделяется три кластера (рис. 2).

К первому кластеру относятся водоемы Шерловогорского, Малокулундинского и Жипкошинского месторождений с общими видами из пресноводного прудового комплекса: *Daphnia curvirostris* и *Chydorus sphaericus*. Второй кластер включает дренажный водоем Орловского месторождения и хвостохранилище Спокойнинского месторождения, связующими видами которого являются *Polyarthra remata*, *Brachionus angularis bidens*, *Keratella quadrata*, *Notholca acuminata*, *Cyclops vicinus*. Хвостохранилище Орловского месторождения выделено в третий кластер. Только в этом водоеме обнаружены такие обитатели заросшей литорали как *Notommata allontois*, *Colurella uncinata*, *Mytilina mucronata*, *Lophocharis oxysternon*, *Euchlanis dilatata*, *E. incisa*, *E. deflexa*, *Testudinella. patina*, *T. mucronata*, *Acroperus harpae*, *Alona guttata*, *A. costata*,

Acantocyclops bicuspidatus.

Количественные показатели гидробионтов варьировали в широких пределах. Так, общая численность беспозвоночных изменялась от 5,89 (центральная станция Орловского хвостохранилища) до 601,44 тыс. экз./м³ (водоем ниже Орловского хвостохранилища), общая биомасса — от 19,79 (озеро под отвалами рудного карьера Шерловогорского месторождения) до 1447,28 мг/м³ (подпрудное озеро р. Малая Кулинда) (табл. 3).

В начале лета в разных водоемах развивался свой характерный зоопланктоценоз. В Орловском хвостохранилище и в подпрудном водоеме (р. Малая Кулинда) доминировали Cyclopoidea в стадии науплиусов и копеподитов. В хвостохранилище на долю копепод (*Neutrodiaptomus incongruens*, *Eucyclops serrulatus*, *Cyclops vicinus*, *Diacyclops bicuspidatus*) суммарно приходилось 58–88% всей численности и 94–98% всей биомассы зоопланктона. В речной запруде основу численности (90%) и биомассы (88%) формировал *Cyclops furcifer*. В Спокойнинском хвостохранилище основу численности и биомассы формировали Crustacea (*C. vicinus* — 53% и 13% и *Daphnia curvirostris* — 22% и 85%). В зоопланктоне подпрудного озера (пос. Шерловая Гора) по численности преобладали веслоногие (*E. serrulatus* — 38%) и коловратки (*Polyarthra longiremis* — 35% и

Таблица 3

Численность (N, тыс. экз./м³) и биомасса (B, мг/м³) коловраток и ракообразных в техногенных водоемах в июне 2021 г.

Table 3

Abundance (N, × 10³ ind./m³) and biomass (B, mg/m³) of rotifers and crustaceans in technogenic reservoirs in June 2021

Месторождения/точки отбора		Rotifera		Copepoda		Cladocera		Total	
		N	B	N	B	N	B	N	B
Орловское	ОР-1	0,59	1,32	4,42	21,74	0,15	0,90	5,89	141,6
	ОР-2	6,42	16,50	9,61	279,62	0,45	1,46	16,48	297,47
	ОР-7	554,88	384,44	44,64	378,83	1,92	11,07	601,44	774,34
Спокойнинское	ОР-8	57,6	134,43	121,41	854,44	49,2	5167,8	228,21	6156,6
Малокулундинское	МК-2	0,6	7,81	52,8	1279,5	5,4	160,0	58,8	1447,3
Шерловогорское	ШГ-8	6,56	3,20	5,47	19,79	0,02	1,50	12,05	19,79
	ШГ-9	33,71	32,07	22,19	5,12	1,74	9,07	57,63	46,26
	ШГ-10	184,20	116,97	34,22	21,99	0,690	1,41	219,02	380,37

Keratella cochlearis — 17%)), по биомассе — Rotifera (69%) и Cladocera (20%). В водоеме, расположенном ниже Орловского хвостохранилища, при численном преобладании Rotifera (*Brachionus angularis* — 76% и *Kearettella quadrata* — 9%), основу биомассы формировали науплии Cyclopoidea (49%). В двух водоемах Шерловогорского ГОКа (карьерное озеро и озеро ниже отвалов рудного карьера) по численности преобладали коловратки (*Hexarthra mira* (79%) — в первом и *Polyarthra complanata* (27%) и *Notommata collaris* (9%) — во втором) и науплии веслоногих (12 и 45% соответственно), по биомассе — ювенильные стадии Copepoda (51 и 81% соответственно).

Зоопланктон обследованных техногенных водоемов имеет схожие черты с таковым для водных объектов (карьеры, пруды-отстойники) золоторудных месторождений, для которых также характерно низкое видовое богатство и широкое варьирование количественных показателей гидробионтов. В зоопланктоне техногенных водоемов бассейна р. Онон (пруд-отстойник на р. Дунда-Хонгорун (Афонина, Афонин 2015), и затопленный карьер на руч. Холбонский (Зыкова, Заболотская 2021)), также как и в Орловском хвостохранилище, доминировали ювенильные стадии Copepoda и мелкоразмерные коловратки (*Keratella quadrata*, *K. cochlearis* (Gosse, 1851)). Как и в мелких Шерловогорских водоемах, так и в карьерах бассейна р. Средняя Борзя (бассейн р. Аргунь) (Афонина, Афонин 2017) при малом числе видов (19–25) развивался комплекс видов, характерный для заросшей литорали. Массово представлены Cyclopoidea (*Eucyclops serrulatus*, *E. denticulatus* (Graeter, 1903), *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Thermocyclops crassus* (Fischer 1853)). В карьерах р. Кара (бассейн р. Шилка) (Афонина, Итигилова 2012) обнаружено 11 видов беспозвоночных, из них в планктоне преобладали *Synchaeta oblonga* Ehrenberg, 1832, *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) и младшевозрастные Cyclopoidea.

В кислых водах (при pH 3–5) отмечаемые для водоемов Шерловогорского месторождения (Чечель 2018) и в Беловском отстойнике (Кемеровская обл.) (Романов и др. 2011) беспозвоночные не встречались. В то же время, в зоопланктоне карьерных озер США и Германии (pH 2,3–3,9) (Deneke 2000; Wollmann et al. 2000) отмечено обитание 5–11 видов зоопланктона. В водоемах при pH ≤ 3 регистрируется 4 вида коловраток, из которых преобладают *Cephalodella hoodi* (Gosse, 1886) и *Elosa worallii* Lord, 1891. Основными обитателями планктона при pH ≥ 3 являются более крупные зоопланктеры — *Brachionus sericus* Rousselet, 1907 и кладоцера *Ch. sphaericus*, обилие которых увеличивается при повышении pH (Deneke 2000). *Ch. sphaericus* характеризуется повышенной стрессоустойчивостью и является к воздействию шахтных вод видом, достигая высокой плотности в кислых водах (Leppänen 2018). Высокие концентрации металлов в сочетании с низкими показателями pH оказывают на организмы зоопланктона летальное воздействие, которое при низких температурах ингибируется снижением метаболизма. В результате ограниченно развиваются коловратки и кладоцеры, способные переждать неблагоприятный период в стадии яиц, индифферентных к внешним токсическим воздействиям (Романов и др. 2011; Оськина 2021).

Заключение

Видовое разнообразие фауны планктонных беспозвоночных в водных объектах горнопромышленного комплекса Юго-Восточного Забайкалья невысокое и складывается из 63 видов. Доминирующий комплекс сообществ зоопланктона обследованных водоемов отличается. В Орловском хвостохранилище и подпрудном озере р. Малая Кулинда отмечается копеподный зооценоз с ведущими видами *Neurodiaptomus incongruens* и *Cyclops furcifer* соответственно. Зоопланктоценоз дренажного водоема Орловского месторождения характеризуется как ротаторный с доминирующими видами *Brachionus angularis* и *Keratella quadrata*. В Спокойнинском хвостохранилище основу числен-

ности формируют ракообразные (*Cyclops vicinus* и *Daphnia curvirostris*). В зоопланктоне водоема, расположенного около пгт. Шерловая Гора, преобладают копеподы (*Eucyclops serrulatus*) и коловратки (*Polyarthra longiremis* и *Keratella cochlearis*). В Шерловогорском карьерном озере развивается ротаторный зоопланктоценоз с доминирующим видом *Hexarthra mira*. В зоопланктоне озера под отвалами Шерловогорского рудного карьера обитает комплекс видов (*Eucyclops serrulatus*, *Pompolux complanata*, *Keratella testudo*, *Notommata*

collaris), приуроченных к водной растительности. Количественные показатели гидробионтов варьируют в широких пределах: численность — 5,89–601,44 тыс. экз./м³, биомасса — 19,79–1447,28 мг/м³.

Благодарности

Работа выполнена в рамках рамках госзадания ФНИ (№ госрегистрации 121032200070-2). Автор благодарит сотрудников лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН к. б. н. Н. А. Ташлыкову за помощь в подготовке графических материалов.

Литература

- Афонина, Е. Ю., Афонин, А. В. (2015) Фауна рыб и планктонных беспозвоночных некоторых притоков верхнего течения реки Онон (Забайкальский край). *Амурский зоологический журнал*, т. VII, № 1, с. 3–13.
- Афонина, Е. Ю., Афонин, А. В. (2017) Оценка состояния гидробиоценозов малых водотоков бассейна р. Аргунь. *Теоретическая и прикладная экология*, № 3, с. 57–65.
- Афонина, Е. Ю., Итигилова, М. Ц. (2012) Качественный состав коловраток и низших ракообразных бассейна р. Шилка. *Записки Забайкальского отделения русского географического общества*, № 131, с. 40–51.
- 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*. Л.: Наука, 504 с.
- Зыкова, Е. Х., Заболотская, З. А. (2021) Зоопланктон р. Унда и притоков. В кн.: К. А. Курганович (ред.). *Водные ресурсы и водопользование: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Чита: Изд-во ЗабГУ, с. 68–73.
- Киселев, И. А. (1969) *Планктон морей и континентальных водоемов. Т. I. Вводные и общие вопросы планктологии*. Л.: Наука, 658 с.
- Коровчинский, Н. М., Котов, А. А., Синев, А. Ю. и др. (2021) *Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. II*. М.: КМК, 544 с.
- Кутикова, Л. А. (1970) *Коловратки фауны СССР (Rotatoria)*. Л.: Наука, 744 с.
- Кутикова, Л. А. (2005) *Бделлоидные коловратки фауны России*. М.: КМК, 315 с.
- Оськина, Н. А. (2021) *Влияние гамма-излучения и тяжелых металлов на покоящиеся яйца пресноводного рачка Моина тасгосора. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Красноярск, СФУ, 121 с.
- Романов, Р. Е., Ермолаева, Н. Е., Бортникова, С. Б. (2011) Оценка влияния тяжелых металлов на планктон в техногенном водоеме. *Химия в интересах устойчивого развития*, т. 19, № 3, с. 350–312.
- Рылов, В. М. (1948) *Суслороида пресных вод. Фауна СССР. Ракообразные. Т. III. Вып. 3*. М.; Л.: АН СССР, 320 с.
- Смирнов, Н. Н. (1971) *Chydoridae фауны мира. Фауна СССР. Ракообразные. Т. I. Вып. 2*. Л.: Наука, 531 с.
- Солодухина, М. А., Помазкова, Н. В. (2014) Ландшафты Шерловогорского рудного района Забайкальского края. *Успехи современного естествознания*, № 9, с. 70–78.
- Удачин, В. Н., Аминов, П. Г., Лонцакова, Г. Ф., Дерягин, В. В. (2009) Распределение физико-химических параметров в карьерных озерах Блявинского и Яман-Касинского колчеданных месторождений (Южный Урал). *Вестник Оренбургского государственного университета*, № 5 (99), с. 167–172.

- Цалолихин, С. Я. (ред.). (1995) *Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные*. СПб.: Наука, с. 34–128.
- Чечель, Л. П. (2018) Химический состав вод техногенных водоемов Восточного Забайкалья. *Международный научно-исследовательский журнал*, № 11-1 (77), с. 100–103. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.77.11.019>
- Deneke, R. (2000) Review of rotifers and crustaceans in highly acidic environments of pH values ≤ 3 . *Hydrobiologia*, vol. 433, no. 1, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1023/A:1004047510602>
- Leppänen, J. J. (2018) An overview of Cladoceran studies conducted in mine water impacted lakes. *International Aquatic Research*, vol. 10, no. 3, pp. 207–221. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0204-7>
- Ruttner-Kolisko, A. (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse der Limnologie*, vol. 8, pp. 71–76.
- Wollmann, K., Deneke, R., Nixdorf, B., Packroff, G. (2000) Dynamics of planktonic food webs in three mining lakes across a pH gradient (pH 2–4). *Hydrobiologia*, vol. 433, no. 1, pp. 3–14. <https://doi.org/10.1023/A:1004060732467>

References

- Afonina, E. Yu., Afonin, A. V. (2015) Fauna ryb i planktonnykh bespozvonochnykh nekotorykh pritokov verkhnego techeniya reki Onon (Zabaykal'skij kraj) [Fauna of fishes and planktonic invertebrates in some tributaries of the Upper Onon River (Zabaikalsky kraj)]. *Amurskij zoologicheskij zhurnal — Amurian Zoological Journal*, vol. VII, no. 1, pp. 3–13. (In Russian)
- Afonina, E. Yu., Afonin, A. V. (2017) Otsenka sostoyaniya gidrobiotsenozov malykh vodotokov bassejna r. Argun' [Assessment of hydrobiocenoses in the small rivers of Argun River basin]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya — Theoretical and Applied Ecology*, no. 3, pp. 57–65. (In Russian)
- Afonina, E. Yu., Itigilova, M. Ts. (2012) Kachestvennyj sostav kolovratok i nizshikh rakoobraznykh bassejna r. Shilka [The qualitative composition of rotifers and crustaceans in the Shilka River basin]. *Zapiski Zabajkal'skogo otdeleniya russkogo geograficheskogo obshchestva — Notes of the Transbaikalian Branch of the Russian Geographical Society*, no. 131, pp. 40–51. (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)
- Borutskij, 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)
- Chechel, L. P. (2018) Khimicheskij sostav vod tekhnogennykh vodoyemov Vostochnogo Zabajkal'ya [Hydrochemical composition of technogenic reservoirs of the Eastern Transbaikalia]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal — International Research Journal*, no. 11-1 (77), pp. 100–103. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.77.11.019> (In Russian)
- Deneke, R. (2000) Review of rotifers and crustaceans in highly acidic environments of pH values ≤ 3 . *Hydrobiologia*, vol. 433, no. 1, pp. 167–172. <https://doi.org/10.1023/A:1004047510602> (In English)
- Kiselev, I. A. (1969) *Plankton morej i kontinental'nykh vodoyemov. T. 1. Vvodnye i obshchie voprosy planktologii [Plankton of the seas and continental waters. Vol. 1. Introductory and general questions of planktology]*. Leningrad: Nauka Publ., 658 p. (In Russian)
- Korovchinskij, N. M., Kotov, A. A., Sinev, A. Yu. et al. (2021) *Vetvistousye rakoobraznye (Crustacea: Cladocera) Severnoj Evrazii [Cladocera (Crustacea: Cladocera) of Northern Eurasia]. Vol. II*. Moscow: KMK Scientific Press, 544 p. (In Russian)
- Kutikova, L. A. (1970) *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria) [Rotifers of the USSR fauna (Rotatoria)]*. Leningrad: Nauka Publ., 744 p. (In Russian)
- Kutikova, L. A. (2005) *Bdelloidnye kolovratki fauny Rossii [The bdelloid rotifers of the fauna of Russia]*. Moscow: KMK Scientific Press, 315 p. (In Russian)
- Leppänen, J. J. (2018) An overview of Cladoceran studies conducted in mine water impacted lakes. *International Aquatic Research*, vol. 10, no. 3, pp. 207–221. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0204-7> (In English)

- Os'kina, N. A. (2021) *Vliyanie gamma-izlucheniya i tyazhelykh metallov na pokoyashchiesya yajtsa presnovodnogo rachka Moina macrocopa* [Effects of gamma radiation and heavy metals on resting eggs of the freshwater crustacean *Moina macrocopa*]. PhD dissertation (Biology). Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 121 p. (In Russian)
- Romanov, R. E., Ermolaeva, N. E., Bortnikova, S. B. (2011) Otsenka vliyaniya tyazholykh metallov na plankton v tekhnogennom vodoeme [Assessment of the impact of heavy metals on plankton in a technogenic reservoir]. *Khimiya v interesakh ustojchivogo razvitiya — Chemistry for Sustainable Development*, vol. 19, no. 3, pp. 350–312. (In Russian)
- Rylov, V. M. (1948) *Cyclopoida presnykh vod. Fauna SSSR. Rakoobraznyye* [Cyclopoida of fresh waters. Fauna of the USSR. Crustaceans]. Vol. 3. Iss. 3.]. Moscow; Leningrad: USSR Academy of Sciences Publ., 320 p. (In Russian)
- Ruttner-Kolisko, A. (1977) Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse der Limnologie*, vol. 8, pp. 71–76. (In English)
- Smirnov, N. N. (1971) *Chydoridae fauny mira. Fauna SSSR. Rakoobraznyye* [Chydoridae fauna of the world. Fauna of the USSR. Crustaceans]. Vol. 1. Iss. 2.]. Leningrad: Nauka Publ., 531 p. (In Russian)
- Solodukhina, M. A., Pomazkova, N. V. (2014) Landshafty Sherlovogorskogo rudnogo rajona Zabajkal'skogo kraja [Landscapes of Sherlovogorskaya ore district of the Zabaikalsk region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya — Advances in Current Natural Sciences*, no. 9, pp. 70–78. (In Russian)
- Tsalolikhin, S. Yu. (ed.). (1995) *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorij. T. 2. Rakoobraznye* [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Vol. 2. Crustaceans]. Saint Petersburg: Nauka Publ., 632 p. (In Russian)
- Udachin, V. N., Aminov, P. G., Lonshchakova, G. E., Deryagin, V. V. (2009) Raspredelenie fiziko-khimicheskikh parametrov v kar'yernykh ozerakh Blyavinskogo i Yaman-Kasinskogo kolchedannykh mestorozhdenij (Yuzhnyj Ural) [Distribution of physical and chemical parameters in quarry lakes of Blyavinsky and Yaman-Kasinsky massive sulfide deposits (Southern Urals)]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Vestnik of the Orenburg State University*, no. 5 (99), pp. 167–172. (In Russian)
- Wollmann, K., Deneke, R., Nixdorf, B., Packroff, G. (2000) Dynamics of planktonic food webs in three mining lakes across a pH gradient (pH 2–4). *Hydrobiologia*, vol. 433, no. 1, pp. 3–14. <https://doi.org/10.1023/A:1004060732467> (In English)
- Zykova, E. Kh., Zabolotskaya, Z. A. (2021) Zooplankton reki Unda i pritokov [Zooplankton of the Unda River and tributaries]. In: K. A. Kurganovich (ed.). *Vodnye resursy i vodopol'zovanie: Materialy IV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Water resources and water use: Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical conferences with international participation]. Chita: Transbaikalia State University Publ., pp. 68–73. (In Russian)

Для цитирования: Афонина, Е. Ю. (2022) Видовое разнообразие зоопланктона техногенных водоемов Юго-Восточного Забайкалья. *Амурский зоологический журнал*, т. XIV, № 2, с. 299–311. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2022-14-2-299-311>

Получена 17 января 2022; прошла рецензирование 21 февраля 2022; принята 29 апреля 2022.

For citation: Afonina, E. Yu. (2022) Zooplankton species diversity in technogenic reservoirs of the Southeastern Transbaikalia. *Amurian Zoological Journal*, vol. XIV, no. 2, pp. 299–311. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2022-14-2-299-311>

Received 17 January 2022; reviewed 21 February 2022; accepted 29 April 2022.