

УДК 574.583 (28-571.53)

Н. Г. Шевелева¹, О. Г. Пенькова², И. Т. Евстафьева²,
Н. В. Макаркина², Н. И. Шабурова¹

ЗООПЛАНКТОН ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ О-ВА ОЛЬХОН (ОЗ. БАЙКАЛ): ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ¹

Представлены материалы по сезонной динамике количественных показателей и структуре зоопланктона пяти внутренних водоемов о-ва Ольхон. Впервые изучена фауна планктона двух (Узуры и Хужирное) водоемов. Зоопланктон озера Нур показан в многолетней динамике в сравнении с ретроспективными данными. Наибольшее таксономическое разнообразие и высокие количественные показатели зоопланктона отмечены для крупных и пресноводных озер Нур и Ханхойское. Озера Шара-Нур, Хужирное и Узуры в настоящее время прекратили свое существование. Полученные данные по видовому составу, структуре и количеству зоопланктона в этих озерах можно считать уникальными.

Ключевые слова: зоопланктон, структура, внутренние водоемы, о-в Ольхон, оз. Байкал.

Остров Ольхон — самый крупный остров оз. Байкал тектонического происхождения. Его площадь составляет 730 км², длина — 72 км, максимальная ширина — 14 км [6]. Климат Ольхона континентальный с малоснежной зимой и сухим летом. Здесь имеются немногочисленные водоемы, различающиеся по размерам и минерализации. Наиболее крупные и глубокие — Нур и Ханхойское. Эти озера, расположенные на побережье Байкала и спорадически сообщаемые с ним, содержат пресную воду, а оз. Шара-Нур в центральной части острова относится к солоноватым. Озера Хужирное и Узуры — мелкие, небольшие по размерам, заиленные, пресноводные.

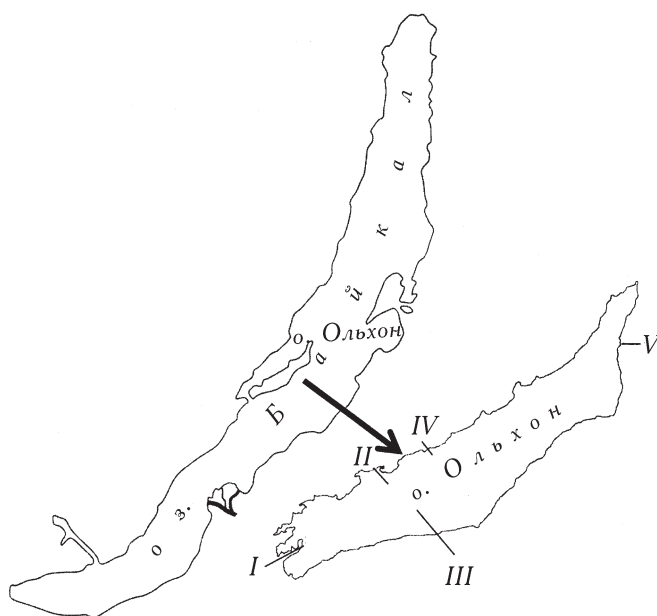
Первые исследования зоопланктона озер на острове Ольхон были проведены в 50—70-х годах прошлого столетия и касались только оз. Нур (Загли-Нур) [4, 8]. Подробные гидробиологические исследования оз. Шара-Нур были проведены нами в начале 2000-х гг. [11], а озер Нур и Ханхойское — в 2014—2015 гг. [12].

¹ Исследования поддержаны проектом (№ 0345-2016-0009) (2017—2019 гг.).

В настоящее время стремительно нарастает рекреационная нагрузка на экосистемы о-ва Ольхон. Антропогенному воздействию подвергаются внутренние водоемы острова. Ситуация осложняется в связи с засушливым и маловодным периодом, наблюдаемым на всей Байкальской территории. Например, крупное оз. Шара-Нур площадью 14 га, расположенное в центре о-ва Ольхон, в 2015 г. обмелело и исчезло. С 2017 г. прекратили свое существование озера Хужирное и Узуры. Полученные нами данные оказываются единственными свидетельствами видового разнообразия и количественных показателей зоопланктона этих водоемов. Кроме того, оз. Нур ранее использовалось (и может быть использовано в будущем) для подращивания молоди рыб. Таким образом, интерес к изучению озер приобретает практическую значимость.

Материал и методика исследований. В работе использованы качественные и количественные данные по зоопланктону, собранные на пяти водоемах о-ва Ольхон (рис. 1). Большинство исследованных водоемов — пресноводные. Исключение составляет оз. Шара-Нур с минерализацией 1,38—1,87 г/дм³, которое относится к солоноватым [1]. Вода в водоемах быстро прогревается весной и рано охлаждается осенью. Максимальная температура воды отмечена в августе, когда она была выше 20°C, и только в двух озерах (Узуры и Хужирное) не превышала 16°C (табл. 1).

На оз. Шара-Нур наблюдения были проведены в течение 2008—2010 гг. На озерах Нур, Хужирное, Узуры и Ханхойское пробы зоопланктона были собраны в период открытой воды (2014—2015 гг.). В подледный период (март, 2016 г.) исследования были проведены на водоемах Нур и Ханхойское.



1. Карта-схема расположения исследованных водоемов. Здесь и на рис. 2: I — Нур; II — Ханхойское; III — Шара-Нур; IV — Хужирное; V — Узуры.

Орудием сбора зоопланктона служила сеть Джеди с диаметром входного отверстия 25 см и сеть Апштейна с конусом из мельничного газа 70 мкм. Камеральную обработку проб проводили по стандартным методикам. При определении видового состава зоопланктона использовали работы [6, 10, 18]. Зоопланктон оценивали по количеству видов, численности и биомассе, соотношению

1. Физико-химические параметры исследуемых водоемов

Озера	Координаты (N, E)	Площадь, (га)	Глубина, м	Температура воды, °С (макс.)	TDS, мг/дм ³	
					март	июль
Нур	53°03', 106°58'	60	6	23	160	118
Ханхойское	53°08', 106°10'	48,5	4	21	1340	110
Шара-Нур	53°06', 107°15'	13,8	2,2	20	—	1870
Хужирное	53°10', 107°17'	0,8	1,5	15	—	—
Узуры	53°19', 107°44'	0,3	1	16	—	—

таксономических групп (по численности), индексам сапробности Пантле и Букк в модификации Сладечека и видового разнообразия Шеннона — Уивера. Степень сходства видового состава фауны коловраток и ракообразных рассчитана с помощью индекса Чекановского — Сьеренсена [5, 9, 13, 19]. Доминирующие виды определяли по отношению численности (биомассы) вида в выборке к численности (биомассе) всего сообщества. Доминантами считали представителей с относительной численностью (биомассой) более 5%.

Температуру воды в поверхностном горизонте и показания общей минерализации (TDS) определяли портативным кондуктометром Hanna-Hi-9060.

Результаты исследований и их обсуждение

Фауна планктонных коловраток и ракообразных обследованных водоемов разнообразна и была представлена 52 видами и подвидами, из них половину составляли коловратки, и почти равное количество видов приходилось на ветвистоусых и веслоногих (15 и 13 соответственно). Динамика зоопланктонного сообщества связана с постоянным изменением условий обитания в озерах и зависит от многих факторов (температура, минерализация, степень зарастания берегов, уровень воды). В оз. Шара-Нур были отмечены индикаторы солоноватых вод (*Daphnia magna* Straus, *Alona irinae* Sars, *Moina mongolica* Daday, *Hexarthra mira* Hudson) и виды, характерные для небольших водоемов с высшей водной растительностью (*Lecane quadridentata* Ehrenberg, *Euchlanis oropha* Gosse). Последние два вида присутствовали и в оз. Хужирное. Из общего списка фауны планктона водоемов Ольхона 38 видов (64%) известны для Байкала [3].

Анализ видового состава с использованием индекса сходства Чекановского — Сьеренсена в целом для всего зоопланктона исследуемых озер показал довольно низкие значения, что подчеркивает их разнотипность (по морфометрии, глубине, минерализации). Так, наибольшее сходство (0,30 и

2. Количество видов планктонной фауны водоемов Ольхона

Таксономические группы	Озера				
	Нур	Ханхойское	Шара-Нур	Хужирное	Узуры
Коловратки	18	12	17	11	1
Ветвистоусые	8	12	7	4	2
Веслоногие	7	5	6	4	4
Всего видов	33	29	30	19	7

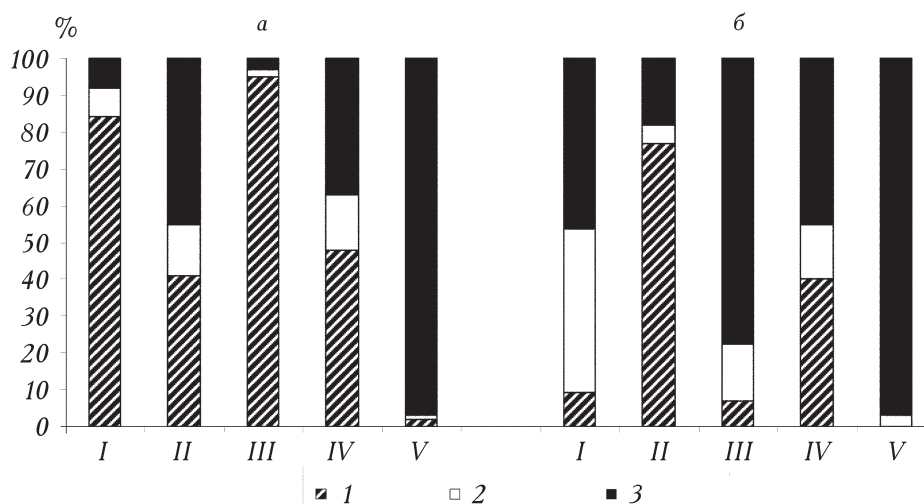
0,29) было установлено для водоемов Нур — Ханхойское, Нур — Хужирное. Минимальные значения (0,06 и 0,07) отмечены для водоемов Нур — Узуры и Ханхойское — Хужирное. Это свидетельствует о ведущей роли абиотических факторов среды в формировании фауны внутренних водоемов Ольхона.

Зоопланктон оз. Нур богат качественно (табл. 2). В его составе преобладали коловратки (18 видов), из ракообразных отмечено восемь видов ветвистоусых и семь — веслоногих. В подледный период (март) в планктоне присутствовали 10 видов, из них — шесть видов коловраток. Численность (75%) и биомассу (96%) подледного планктона определяли веслоногие *Cyclops vicinus* Uljanin и *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg) (рис. 2). Популяции этих видов в основном были представлены науплиальными и половозрелыми стадиями.

Из ветвистоусых присутствовали *Daphnia galeata* Sars и *Bosmina longirostris* Müller в незначительном количестве. Из коловраток в доминантное ядро по численности входили эвритермные *Keratella cochlearis* Müller (9%), *Keratella quadrata* Müller (7%) и *Polyarthra dolichoptera* Idelson (6%).

В мае основу численности планктона определяли коловратки (рис. 2), среди которых лидировали *K. quadrata* (54%), *Conochilus unicornis* Rousselet (15%). Равную долю (по 6%) от численности составляли *K. cochlearis*, *P. dolichoptera* и *Asplanchna proidonta* Gosse. Из ракообразных зарегистрированы *Cyclops kolensis* Lilljeborg и *B. longirostris*. С середины июня по июль в оз. Нур отмечено массовое развитие синезеленой (*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs) и динофитовой (*Ceratium hirundinella* Schrank) водорослей. Поэтому в июле в оз. Нур доминировали планктонные ракообразные. Из ветвистоусых — *B. longirostris* (34% численности и 20% биомассы), *Daphnia cristata* Sars и *D. galeata* (15% численности и 70% биомассы). Из веслоногих — теплолюбивые циклопы *Thermocyclops crassus* (Fisher) и *Mesocyclops leuckarti* (Claus) (от 12 до 30% численности и 10 — 35% биомассы всего зоопланктона).

В целом за весь период исследований (март — сентябрь) общая численность зоопланктона в оз. Нур колебалась от 34,2 до 642,0 тыс. экз/м³. Биомасса всего зоопланктона росла от марта к июню, в июле она резко снизилась, к осени отмечено повышение биомассы. В июле количественные пока-



2. Вклад в общую численность (а) и биомассу (б) основных таксономических групп зоопланктона внутренних водоемов Ольхона: 1 — коловратки; 2 — ветвистоусые; 3 — веслоногие.

затели были ниже, чем в июне (табл. 3). Возможно, «цветение» водорослей подавляло развитие зоопланктона.

На примере оз. Нур мы провели сравнение видового состава и доминантов в зоопланктоне озера в современный период с данными, полученными 60 и 40 лет назад [4, 8]. В целом видовой состав зоопланктона озера остается стабильным. Изменения затронули структуру и количество зоопланктона. Так, по данным [4], ядро численности майского планктонного сообщества фауны в 1952 г. составляли *C. unicornis* (343 тыс. экз/м³), *B. longirostris* (44 тыс. экз/м³) и *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg (11 тыс. экз/м³). В мае 1974 г. численность зоопланктона (5,7 тыс. экз/м³) определяли коловратки *K. quadrata*, *A. priodonta*, *Brachionus angularis* Gosse. Первый вид составлял немногим более 70% общей численности. Биомасса зоопланктона (около 9 г/м³) достигалась за счет *M. leuckarti*, *Daphnia longispina* Müller, *Sida crystallina* Müller [8]. Таким образом, в настоящее время в планктоне оз. Нур уменьшилась абсолютная и относительная плотность *E. graciloides* и *Daphnia longispina*, но увеличилась значимость циклопов. Количественные показатели зоопланктона оз. Нур в настоящее время уменьшились: численность на порядок, биомасса в 2 раза по сравнению с 50—70 гг. прошлого столетия.

Озеро Ханхойское относительно большое и глубокое, занимает на Ольхоне второе место по площади и глубине после оз. Нур. Видовой состав включает 29 видов, что сравнимо с пресноводным оз. Нур и солоноватым оз. Шара-Нур (см. табл. 2). В марте при относительно высокой минерализации воды (1,34 г/дм³) в планктоне присутствовало 11 видов. Основу численности составляла популяция *C. vicinus*, представленная в основном науплиальными стадиями (92%). Среди ветвистоусых относительно обильной была *B. longirostris*, но ее численность не превышала 3% общей численности зоопланктона. В группе коловраток лидировала *P. dolichoptera* (5%), входящая в

3. Показатели численности (N), биомассы (B), структуры, сапробности (S), разнообразия (H) зоопланктона внутренних водоемов Ольхона

Показатели (период открытой воды)	Озера				
	Нур	Ханхойское	Шара-нур	Хужирное	Узуры
$N_{\text{Rotifera}} : N_{\text{Cladocera}} : N_{\text{Copepoda}}, \%$	37:35:28	59:10:31	62:9:29	44:15:41	1:2:97
$B_{\text{Crustacea}}/B_{\text{Rotifera}}$	25,6	16,4	5	26	90
$B_{\text{Летняя}}/B_{\text{Зимняя}}$	18	8	×	×	×
Индекс сапробности, S	2,0	1,95	2,3	1,7	1,8
Индекс H , бит/экз	2,7	1,3	1,9	3,0	0,6
N , тыс. экз/м ³	228	511	127	1,6	4,65
B , г/м ³	2,16	3,43	1,89	0,12	0,15
$B_{\text{Зимняя}}$, г/м ³	0,120	0,450	×	×	×
B/N	0,009	0,007	0,015	0,075	0,03

П р и м е ч а н и е. «×» — не исследовали..

доминантное ядро по численности. В мае качественный состав и доминантное ядро зоопланктона изменились. Численность коловраток, среди которых лидировала *K. quadrata* (37%) и веслоногих была относительно равной. Среди веслоногих доминировал теплолюбивый *T. crassus* (44%), из ветвистоусых, как и в подледный период, — *B. longirostris* (10%). Биомассу зоопланктона определяли циклопы.

В июле при температуре воды 21°C в оз. Ханхойском отмечали бурное «цветение» водорослей *Microcystis pulvereae* (Wood) Forti emend. Elenk. и *A. flos-aquae*. Это повлияло на качественный состав зоопланктона. В фауне планктона отмечено 16 видов. Из них пять видов коловраток, при массовом развитии, — *K. quadrata* и *P. major* (77% численности). Из ветвистоусых присутствовали фитофильные и бентосные ветвистоусые *Sida crystallina* Müller, *Monospilus dispar* Sars, *Graptoleberis testudinaria* Fischer, но доля каждого из них в сообществе зоопланктона была менее 5%. В этот период массового развития достигали те виды, которые не испытывают угнетения при высокой концентрации водорослей. Структурообразующее ядро составляли *T. crassus* (18%), *B. longirostris* (5%). На обилие *T. crassus* [16] и *B. longirostris* [14, 15, 17] в период «цветения» синезеленых указывалось неоднократно. Количественные показатели зоопланктона оз. Ханхойского изменялись по сезонам. Так, общая численность зоопланктона была минимальной в подледный период (105 тыс. экз/м³), максимальной — в сентябре (846 тыс. экз/м³). В июле по сравнению с июнем количественные показатели зоопланктона значительно уменьшились: численность — в 2 раза, биомасса — в 9 раз. Максимальные значения биомассы и численности зоопланктона приходятся на сентябрь (см. табл. 3).

Озеро Шара-Нур по сумме главных ионов (1,37—1,87 г/дм³) относится к солоноватым. В составе зоопланктона есть представители пресных и солоноватых вод. Наибольшее разнообразие (17 видов) зафиксировано в группе коловраток: только р. *Brachionus* представлен шестью видами и формами. Основу численности и биомассы сообщества зоопланктона составляли *K. quadrata*, *D. magna*, *Acanthodiptomus denticornis* (Wierzejski) и *Arctodiptomus salinus* (Daday). В мае отмечена максимальная численность и биомасса зоопланктона (соответственно 362 тыс. экз/м³ и 3,5 г/м³), при абсолютном доминировании по численности *K. quadrata* (90%), а по биомассе — *D. magna* (87%). Летом и осенью количественные показатели зоопланктона в озере были ниже весенних (см. табл. 3), при доминировании в июле по численности — веслоногих *A. denticornis* (48%), а по биомассе — ветвистоусых *Simocephalus vetulus* (Müller) и *D. magna* (67%). В сентябре в планктоне отмечается небольшое повышение численности за счет коловраток при лидирующем положении *K. quadrata* (80%), биомассу определяла *D. magna* (85%).

В сообществе ракообразных и коловраток оз. Хужирное было зарегистрировано 19 видов. Это в основном фитофильные, бентосные и эвритопные виды. Коловраток было обнаружено 11 видов, причем планктонные — только виды родов *Keratella* и *Brachionus*. Весной (май) доминировали *K. quadrata* (30%) и *Brachionus urceus* (Linnaeus) (15%), из ракообразных — *A. denticornis* (20%), в основном его науплиальные стадии, и *Chydorus sphaericus* (Müller) (15%). Биомассу зоопланктона в этот период определяли эти же ракообразные. В июле, при относительно большом разнообразии зоопланктона (15 видов), в доминантное ядро по численности входили *Mytilina ventralis* Ehrenberg (23%) *B. urceus* (7%), *Microcyclops varicans* (Sars) (30%), *A. denticornis* (7%) и *Ceriodaphnia quadrangula* (Müller) (5%). Биомассу зоопланктона на 60% определяли веслоногие. Численность зоопланктона уменьшалась от мая к июлю, при относительно одинаковых значениях биомассы.

Озеро Узуры находится на северо-востоке Ольхона. Из всех обследованных водоемов оно имеет самую маленькую площадь, сильно заиленное, мелкое, используется для водопоя животных. В период наблюдений (май, июль) было обнаружено шесть видов ракообразных и один вид коловраток. Основу планктонной фауны и в мае, и в июле формировали циклопы, а среди них лидировал *C. kolensis*. Так, в мае на долю этого циклопа приходилось 90% всей численности и 80% биомассы планктона. В июле *C. kolensis* составлял 98% численности. Тогда же в единичных экземплярах отмечены ветвистоусые *C. sf. dubia* и молодь *Simocephalus* sp. В итоге численность зоопланктона в оз. Узуры увеличивалась от мая к июлю, а наибольшее значение биомассы отмечено в мае за счет взрослых особей циклопа в его популяции.

Для оценки трофического статуса водоемов использованы значения индекса видового разнообразия, интегральные биомассы и структурные показатели таксономических групп зоопланктона по численности и биомассе, а также отношение летних биомасс к зимним (см. табл. 3). Полученные данные подтвердили, что большинство показателей структуры зоопланктона в водоемах Нур, Ханхойское и Шара-Нур соответствует величинам, характерным для β-мезотрофных вод, оз. Хужирное характеризуется как β-олиго-

трофное. Показатели развития зоопланктона в оз. Узуры свидетельствуют об экстремальных экологических условиях в нем [2; 5].

Заключение

В зоопланктоне пяти изученных водоемов о-ва Ольхон выявлено 52 таксона рангом ниже рода. В крупных, с большими глубинами пресноводных водоемах Нур и Ханхойское отмечено наибольшее разнообразие планктонной фауны и высокие количественные показатели. Сезонная динамика развития планктона в этих водоемах характеризовалась одним максимумом. В солоноватом оз. Шара-Нур максимум в развитии зоопланктона приходился на май. Самыми бедными качественно и количественно оказались водоемы Узуры и Хужирное. В водоемах Нур, Ханхойское, Шара-Нур и Хужирное по разнообразию и численности преобладали коловратки. Большая часть биомассы зоопланктона в озерах Нур и Шара-Нур складывалась за счет ветвистоусых, главным образом за счет видов р. *Daphnia*.

В настоящее время на Байкале продолжается засушливый и маловодный период. Ольхонские озера Шара-Нур, Хужирное и Узуры полностью исчезли. Озера Нур и Ханхойское сокращаются по площади и глубине. Тем не менее, на берегах этих озер с каждым годом увеличивается число отдыхающих.

**

Представлено матеріали щодо сезонної динаміки кількісних показників і структури зоопланктону п'яти внутрішніх водойм о-ва Ольхон. Вперше вивчено фауну планктону двох (Узури та Хужирне) водойм. Зоопланктон оз. Нур показано у багаторічній динаміці порівняно з ретроспективними даними. Найбільше таксономічне різноманіття та високі кількісні показники зоопланктону відмічено для великих і прісноводних озер Нур і Ханхойське. Озера Шара-Нур, Хужирне та Узури в теперішній час припинили своє існування. Отримані дані щодо видового складу, структури і кількості зоопланктону у цих озерах можна вважати унікальними.

**

Seasonal dynamics of quantitative characteristics and structure of zooplankton were investigated in five inland water bodies of Island Olkhon. The plankton fauna of two lakes (Uzury and Khuzhirnoye) was studied for the first time. Long-term dynamics of the Lake Nur zooplankton was compared with retrospective data. The highest taxonomic diversity and high quantitative indices of zooplankton were registered in large and freshwater lakes Nur and Khankhoyskoe. At present, lakes Shara-Nur, Khuzhirnoye and Uzury dried up because of extremely hot summer. The data obtained on species composition, structure and zooplankton abundance in these lakes may be regarded as unique.

**

1. Алексин О.А. Основы гидрохимии. — Л., 1970. — 270 с.
2. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. — СПб.: Наука, 1996. — 190 с.
3. Аров И.В., Помазкова Г.И., Шевелева Н.Г., Кутикова Л.А. Коловратки (Rotifera). Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. 1, кн. 1. — Новосибирск: Наука, 2001. — С. 329—376.

4. *Вилисова И.К.* Зоопланктон Малого моря // Тр. Лимнолог. ин-та. — 1959. — Т. 17. — С. 275—305.
5. *Китаев С.П.* Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск, 2007. — 394 с.
6. *Кожов М.М.* Биология озера Байкал. — М., 1962. — 315 с.
7. *Кутикова Л. А.* Коловратки фауны СССР. — Л., 1970. — 742 с.
8. *Левковская Л.А.* Зоопланктон заливов и озер прибрежной зоны // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. — Новосибирск: Наука, 1977. — С. 175—191.
9. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод с приложением списка организмов индикаторов загрязнения. — Л.: Наука, 1974. — С. 1—160.
10. *Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России.* Т. 1. Зоопланктон. — М.:СПб., 2010. — 495 с.
11. *Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Макаркина Н.В.* Тажеранские минеральные озера — уникальные природные объекты Прибайкалья // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2004. — Ч. 2. — С. 368—377.
12. *Пенькова О.Г., Шевелева Н.Г., Томберг И.В. и др.* Экология водоемов острова Ольхон (Байкал) на фоне меняющихся условий // Там же. — 2016. — Т. 18, № 2. — С. 479—482.
13. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 1982. — 286 с.
14. *Ривьер И.К.* Современное состояние зоопланктона Рыбинского водохранилища // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. — СПб., 1993. — С. 205—232.
15. *Ривьер И.К., Столбунова В.Н.* Зоопланктон оз. Неро // Современное состояние экосистемы оз. Неро. — Рыбинск: Ин-т биологии внутр. вод, 1991. — С. 74—107.
16. *Шабурова Н.И., Шевелева Н.Г.* Сукцессия зоопланктона озера Северного (северо-Западное побережье Байкала) после подледного замора. // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 2014. — Т. 119, вып. 1. — С. 28—38.
17. *Шевелева Н.Г., Кривенкова И.Ф.* Состав и структура зоопланктона озера Котокельское // Journal of Siberian Federal University. Biology 3. — 2010. — С. 278—291.
18. *Einsle U.* Copepoda: Cyclopoida. Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World / Coordinating Editor: H.J.F. Dumont. — SPB Academic Publishing bv, 1996. — 82 p.
19. *Sladecek V.* Rotifers as indicators of water quality // Hydrobiologia. — 1983. — Vol. 100, N 2. — P. 169—201.

¹ Лимнологический институт СО РАН

² Иркутский государственный университет

Поступила 22.01.19