

УДК 574.587:57.044 (571.15)

СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПРЕДГОРНЫХ ОЗЕР СВЕТЛОЕ И КОКША (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

О.Н. Вдовина, Д.М. Безматерных, Е.Н. Крылова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru, ken71@mail.ru

В сентябре 2018 г. исследованы состав и структура сообществ донных беспозвоночных предгорных озер Светлое и Кокша. В составе зообентоса этих водоемов выявлено 37 видов донных беспозвоночных из 8 классов: Turbellaria (1), Nematoda (2), Oligochaeta (11), Hirudinea (3), Bivalvia (2), Gastropoda (2), Crustacea (1) и Insecta (15). Для озер характерны достаточно высокие значения численности и биомассы макрозообентоса. На основе анализа данных по составу, структуре и количеству зообентоса оценено экологическое состояние водоемов. Уровень видового разнообразия зообентоса, низкие значения олигохетного индекса, а также присутствие холодолюбивых видов донных беспозвоночных, обитающих в предгорных и горных водоемах, свидетельствуют о благоприятных условиях для его развития в исследованных озерах. По величине биомассы макрозообентоса уровень трофности озера Светлого соответствовал бета-мезотрофному типу водоема, озера Кокша – бета-эвтрофному.

Ключевые слова: донные беспозвоночные; предгорные озера; Западная Сибирь.

DOI: 10.24412/2410-1192-2022-16603

Дата поступления: 22.05.2022

По сравнению с большим объёмом работ по водоемам равнинных территорий, для озер расположенных в предгорных (низкогорных) районах до недавнего времени имелась лишь разрозненная информация о их экосистемах, как в России, так и за рубежом. В последнее время всё больше данных свидетельствует о том, что низкогорные озера значительно отличаются от высокогорных и

равнинных озер как по физическим, так и по биологическим свойствам [Moser et al., 2019]. Несмотря на большое количество материалов по изучению бентоса горных озер на сегодняшний день их недостаточно, практически невозможно сделать общие выводы в отношении структуры бентосных сообществ таких территорий. Изучение зообентоса водоемов Алтая ведется с начала XX века

[Жадин, Герд, 1961]. Согласно биологическому районированию С.В. Герда [1959] изученные озера относятся к Алтайско-Саянской области и располагаются в предгорных и горных районах. При организации экспедиций в верховья Оби традиционно большее внимание уделялось – Телецкому озеру и его бассейну. Исследований, касающихся донных беспозвоночных предгорных озер Алтая, крайне мало. Имеются данные о таксономическом составе оз. Ая [Малолетко, 2003; Безматерных, 2004], также для озер Белое и Колыванское определен качественный и количественный состав зообентоса, были рассчитаны биоиндикационные индексы, основанные на численности олигохет [Яныгина, Крылова, 2008; Кузьменкин, Иванова, 2020]. Современные данные о таксономическом составе, структурных характеристиках донных беспозвоночных предгорных озер Алтая отсутствуют. В связи с высокой антропогенной нагрузкой необходим мониторинг экологического состояния этих водоемов.

Исследованные озера расположены в бассейне р. Кокша на Предалтайской равнине в районе луговых степей Северного Алтая и древней террасы реки Катунь. В административном отношении озера находятся на территории Алтайского края в Советском районе. Озера уникальны тем, что не замерзают зимой.

При небольшой площади водосбора, отсутствии впадающих ручьев (рек) и отрицательном балансе «осадки-испарение», озера имеют обильное подземное питание из р. Катунь [Галахов, Губарев, 2018]. Подземный поток течет по мощному горизонту валунно-галечного аллювия параллельно Катунь, преодолевает под землей поверхностный водораздел и в 5–6 км от Катунь разгружается в виде серии озер, рек и ручьев, из которых, после слияния, образуется река Кокша. Фактически р. Кокша является протокой р. Катунь, часть которой существует в виде подземного потока, скрытого под землей на глубинах до 25–30 м [Рычков, Рычкова, 2004].

Уровень воды в исследованных озерах относительно постоянный на протяжении года, а сама вода имеет низкую минерализацию – она светлая и прозрачная, свободная от взвешенных частиц. Из-за обилия ключей, бьющих со дна и питающих водоемы грунтовыми водами, зимой они не замерзают, даже в 40-градусный мороз, температура воды не опускается ниже +5–6 °C. Из-за постоянного водообмена с грунтовыми водами даже летом температура воды в этих озерах довольно низкая (10–13 °C). Благодаря этому, озера и незамерзающие части рек, вытекающие из этих озер, являются одним из немногих в регионе (и единственным таких масштабов) мест

зимовки водоплавающих птиц, особенно лебедя-кликуна. Здесь учрежден государственный природный комплекс заказник «Лебединый» [Красная книга..., 2009].

Материал и методы

Озера Светлое и Кокша были обследованы 24–25 сентября 2018 г. Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам [Руководство..., 1992]. Отобрано 16 количественных и 3 качественные пробы макрозообентоса (рис.). Количественные пробы отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.025 м^2 , пробы промывали через капроновый газ с размером ячеек $350 \times 350 \text{ мкм}$ и фиксировали 70% спиртом. После

установления постоянного веса животных разбирали по систематическим группам, затем просчитывали и взвешивали на торсионных весах ВТ-500.

Уровень трофности определяли по шкале С.П. Китаева [2007], уровень сходства сообществ оценивали по индексу Жаккара [Макрушин, 1974].

Для оценки структурной организации донных сообществ беспозвоночных использовали индекс видового разнообразия Шеннона [1963], для 1 класса (очень чистые) значения индекса >3.00 ; 2 класса (чистые) – $2.01–3.00$; 3 класса (умеренно загрязненные) – $1.51–2.00$; 4 класса (загрязненные) – $1.01–1.50$; 5 класса (грязные) – $0.51–1.00$; 6 класса (очень грязные) – <0.50 [Яныгина, 2014].

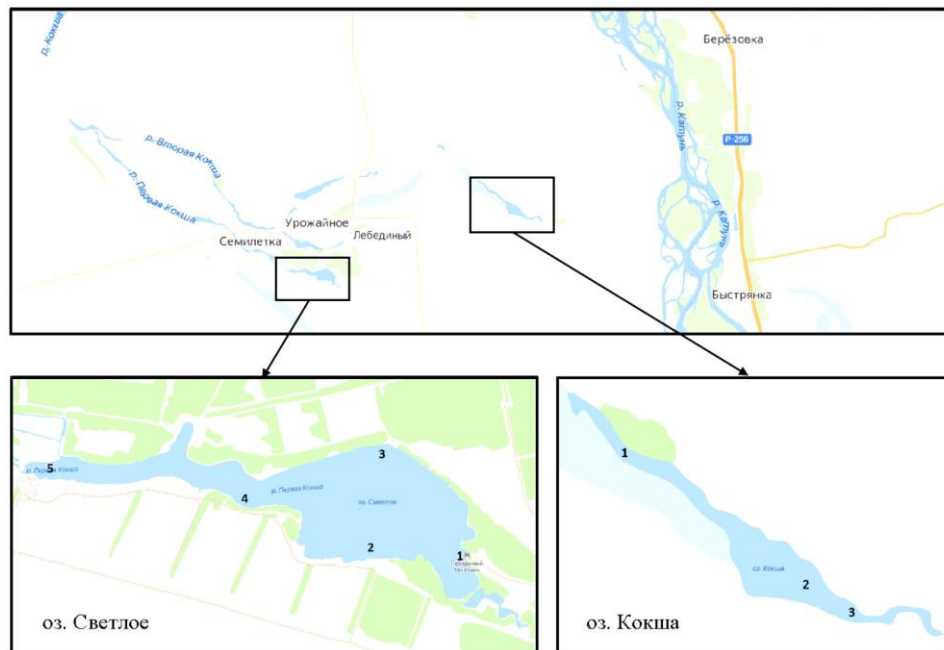


Рис. Карта-схема расположения изученных озер и станций отбора проб

Fig. Map-layout of the studied lakes and sampling stations

Для оценки экологического состояния использовали индекс Гуднайта и Уитлеа – процентное отношение численности олигохет к численности всего зообентоса [Goodnight, Whitley, 1961], полученные значения сопоставляли с классификацией качества вод [ГОСТ 17.1.3.07-82].

Результаты и их обсуждение

В озере Светлое выявлено 24 вида донных беспозвоночных из 9 таксономических групп (9 видов хирономид, 8 видов олигохет, и по 1 виду нематод, двусторчатых и брюхоногих моллюсков, ракообразных, ручейников, поденок и вислокрылок) (табл. 1).

Комплекс населяющих водоем гидробионтов складывается главным образом из двух экологических групп – холодолюбивых, зачастую обитающих в предгорных и горных водоемах, имеющих выходы грунтовых вод (*Sergentia* gr. *longiventris*, *Pseudodiamesa* sp., *Macropelopia* sp., *Stylodrilus* sp.) и обитателей слабопроточных заиленных водоемов (р. *Cladotanytarsus*, *Gammarus lacustris*). Наиболее часто встречались (отмечены в 60–70% проб) *Cladotanytarsus* gr. *mancus*, *Gammarus lacustris*, *Pseudodiamesa* sp., *Macropelopia* sp.

В озере Светлое преобладающим типом донных отложений является бурый

жидкий ил с детритом, как следствие этого, наблюдается относительно большое число видов хирономид и олигохет. Значения численности зообентоса в озере изменялось в пределах 0.3–14 тыс. экз./м², биомасса – 0.2–22.5 г/м² (табл. 2). В целом по озеру по численности и биомассе доминировали личинки хирономид. На песчаных грунтах в качестве доминантов по численности выступали олигохеты рода *Stylodrilus*, в центральной части озера по биомассе преобладали ракообразные и моллюски.

Уровень развития донных зооценозов на разных участках озера от «самого низкого» до «высокого», что соответствует ультраолиготрофному – бета-эвтрофному типам водоемов. Видовое богатство зообентоса было обычным для водоемов данного типа (6.0 ± 1.2 видов в пробе), наиболее разнообразно макрозообентос представлен у южного берега (13 видов в пробе). Невысокие значения видового богатства, а также значительная неравномерность пространственного распределения обилия макробеспозвоночных обусловили и относительно низкие значения индекса видового разнообразия Шеннона (1.6 ± 0.2 бит/экз.), что характерно для умеренно загрязненных вод. Максимальные значения индекса отмечены в центральной части (2.6 бит/экз.) и у южного берега озера (2.2 бит/экз.).

Таблица 1

Таксономический состав макрозообентоса исследованных озер в 2018 г.

Table 1

Taxonomic composition of macrozoobenthos of the studied lakes in 2018

Таксон	Оз. Светлое	Оз. Кокша
Тип Plathelminthes		
Класс Turbellaria		
Macrostomida indet		+
Тип Nematelminthes		
Класс Nematoda		
<i>Prodesmodora circulata</i> Micoletzky 1913		+
Mermitida indet.	+	+
Класс Oligochaeta		
Сем. Lumbriculidae		
<i>Stylodrilus</i> sp.	++	
Сем. Naididae		
<i>Chetogaster diaphanous</i> (Gruith, 1828)		+
<i>Nais barbata</i> Müller, 1773		+
<i>Nais bretscheri</i> Michaelsen, 1899		+
<i>Nais elinguis</i> Müller, 1773	+	+
<i>Nais pseudobtusa</i> Piguet, 1906	+	+
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	+	
<i>Uncinais uncinata</i> (Oersted, 1842)	+	+
Сем. Tubificidae		
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede 1862	+	
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen 1879	+	+
<i>Tubifex tubifex</i> Müller, 1773	+	++
Класс Hirudinea		
<i>Glossiphonia complanata</i> (L., 1758)		+
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (L., 1761)		+
<i>Piscicola geometra</i> (L., 1761)		+
Тип Mollusca		
Класс Bivalvia		
<i>Euglesa</i> sp.		+
<i>Parasphaerium nitidum</i> (Clessin in Westerlund, 1877)	+	+
Класс Gastropoda		
<i>Lymnaea auricularia</i> (L.)	+	+
<i>Planorbarius corneus</i> (L., 1758)		+
Тип Arthropoda		

Класс Crustacea		
Сем. Gammaridae		
<i>Gammarus lacustris</i> Sars, 1863	+++	++
Класс Insecta		
Отряд Ephemeroptera		
Сем. Ephemeridae		
<i>Ephmera</i> sp.	+	++
Отряд Trichoptera		
Сем. Goeridae		
<i>Goera</i> sp.		+
Сем. Phryganeidae		
<i>Pryganea bipunctata</i> Retzius, 1783	+	
Отряд Megaloptera		
<i>Sialis</i> sp.	+	
Отряд Diptera		
Сем. Chironomidae		
<i>Chironomus</i> sp.	+	+
<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i>	++	++
<i>Cladotanytarsus</i> sp.	++	
<i>Macropelopia</i> sp.	+++	+
<i>Procladius</i> (H.) <i>ferrugineus</i> Kiffer, 1919	+	+
<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meig., 1818)		+
<i>Pseudodiamesa</i> sp.	+++	+
<i>Sergentia</i> gr. <i>longiventris</i>	+	+++
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer, 1922)	+	
<i>Tanytarsus medius</i> Reiss et Fittkau, 1971		+
<i>Tanytarsus pseudolestagei</i> Shilova, 1976	++	++
Всего видов	24	30

Примечание: обилие видов: +++ – в большом количестве, ++ – достаточно часто, + – редко.

Олигохетный индекс на различных участках озера колебался в пределах 0–71%, в целом по озеру значения индекса соответствовали очень чистым водоемам. Высокие значения индекса отмечены только в южно-восточной части озера (точка 1), за счет массового

развития рода *Stylodrilus*, который в свою очередь является показателем олиготрофных условий в водоеме.

В озере *Кокша* выявлено 30 видов донных беспозвоночных из 10 таксономических групп (9 видов хирономид, 8 видов олигохет, 3 вида пиявок, по 2 вида

нематод, двусторчатых и брюхоногих моллюсков, и по 1 виду ракообразных, ручейников, поденок и турбеллярий) (табл. 1). В составе зообентоса выявлены холодолюбивые, обитающие преимущественно в предгорных и горных водоемах личинки хирономид (*Prodiamesa olivacea*, *Pseudodiamesa* sp., *Macropelopia* sp., *Sergentia* gr. *longiventris*) и ручейников (*Goera* sp.). Наиболее часто в озере встречались хирономиды р. *Tanytarsus* (отмечены в 66% проб) и р. *Sergentia* (отмечены в 50% проб), а также олигохеты *Tubifex tubifex* (отмечены в 50% проб). Значения численности зообентоса в озере изменялось в пределах 0.4–18.8 тыс. экз./м², биомасса – 4.4–83.9 г/м² (табл. 3). На

илистых грунтах по численности и биомассе доминировали личинки хирономид *Sergentia* gr. *longiventris*, субдоминировали по численности *Tanytarsus* sp., по биомассе моллюски. На заиленных песках доминировали поденки р. *Ephemera*, субдоминировали олигохеты *Tubifex tubifex*.

Уровень развития донных зооценозов в озере от «умеренного» до «очень высокого», что соответствует альфа-мезотрофному – гипертрофному типам водоемов.

Видовое богатство зообентоса было сравнительно высоким (8.6±1.3 видов в пробе), наиболее разнообразно макрозообентос представлен в северо-западной части озера (13 видов в пробе).

Таблица 2

Основные характеристики макрозообентоса оз. Светлое

Table 2

Main characteristics of the macrozoobenthos in lake Svetloe

№ станции	Число видов	H, бит/экз. – класс качества вод	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Ко, % – класс качества вод	Уровень трофности по шкале С.П. Китева (2007)
1	5	1.4–1.5– III–IV	0.7–2.8	1.4–3.5	27–71 – II–V	бета-олиготрофный – альфа-мезотрофный
2	15	2.2–II	13–14	13.4–22.5	9–23 – I–II	альфа-, бета-эвтрофный
3	8	0.4–1.4– IV–VI	0.8–6.3	0.2–5.5	0–5 – I	ультраолиготрофный – альфа-мезотрофный
4	7	0.6–2.6– II–V	0.8–2.5	7.1–12.4	0–5 – I	бета-мезотрофный – альфа-эвтрофный
5	8	1.4–2.0– II–IV	0.3–0.6	0.2–1.6	0–21 – I	ультра- – бета-олиготрофный
Среднее	8,6±1,7	1.6±0.2 – III	4.2±1.6	6.8±2.3	16– I	бета-мезотрофный

Примечания: H – коэффициент видового разнообразия Шеннона; Ко – олигохетный индекс Гуднайта и Уитлеа; качество воды: I – чистые; II – чистые; III – умеренно загрязненные; IV – загрязненные; V – грязные; VI – очень грязные.

Индекса видового разнообразия Шеннона также был максимальным в северо-западной части озера (2.2 бит/экз.), в среднем для озера индекс составил 1.78 ± 0.1 бит/экз., что соответствует умеренно загрязненным водам.

Олигохетный индекс на различных участках озера колебался в пределах 0–47%, что характерно для очень чистых – умеренно загрязненных водоемов (табл. 3).

Всего в исследованных водоемах отмечено 37 видов донных беспозвоночных из 8 классов: Turbellaria (1), Nematoda (2), Oligochaeta (11), Hirudinea (3), Bivalvia (2), Gastropoda (2), Crustacea (1), и Insecta (15). Из насекомых наибольшее число видов приходилось на долю двукрылых, также из насекомых отмечены ручейники, поденки и большекрылки. Обследованные озера были близки по видовому составу зообентоса, значений индекс сходства (по Жаккару) 45.9%. Донное население озер носило хирономидный характер (они отмечены в 94% проб). Наибольшая частота встречаемости среди хирономид отмечена у *Cladotanytarsus* gr. *mancus* (44%), *Prodiamesa olivacaea* (44%), *Sergentia* gr. *longiventris* (37.5%), *Tanytarsus pseudolestagei* (32.5%). Из других таксонов чаще других отмечены *Gammarus lacustris* (56%) и *Tubifex tubifex* (37.5%).

По количеству выявленных таксонов преобладали хирономиды и олигохеты, что характерно для горных озер [Manca et al., 1998; Krno et al., 2006; Boggero,

Lencioni, 2006; Лоскутова, 2011; Vdovina et al., 2022]. Доминирование амфипод по встречаемости также было отмечено ранее для горных и высокогорных озер Алтае-Саянской горной страны [Лепнева, 1933; Вершинин и др., 1979; Яныгина, Крылова, 2008], лагун Чили, расположенных на высоте от 250 до 1000 метров над уровнем моря [Cárcamo et al., 2019], водотоках Патагонии [Miserendino, Pizzolón, 2000] и Аргентинских Анд [Scheibler et al., 2014]. По сравнению с другими предгорными озерами Алтайского края, исследованные озера характеризовались более высокими значениями численности и биомассы донных беспозвоночных. Так, например, максимальные биомассы в оз. Ая были на уровне $4,82 \text{ г/м}^2$ [Безматерных, 2004], на озерах Белом и Колыванском в 2003 г. биомасса макробеспозвоночных не превышали 6.0 и 6.1 г/м^2 соответственно [Яныгина, Крылова, 2006], в 2019 г. – 16.92 и 18.39 г/м^2 [Кузьменкин, Иванова, 2020].

Выводы

1. В исследованных в 2018 г. предгорных озерах Светлое и Кокша выявлено 37 видов донных беспозвоночных из 8 классов: Turbellaria (1), Nematoda (2), Oligochaeta (11), Hirudinea (3), Bivalvia (2), Gastropoda (2), Crustacea (1), и Insecta (15). Донное население озер носило хирономидный характер.

Таблица 3

Основные характеристики макрозообентоса оз. Кокша

Table 3

Main characteristics of the macrozoobenthos in lake Koksha

№ стан- ции	Число видов	H, бит/экз. – класс ка- чества вод	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Ко, % – класс ка- чества вод	Уровень трофности по шкале С.П. Ки- тева (2007)
1	13	1.8–2.2 – II–III	5.7–5.9	24.1–25.1	37–47 – III	бета-эвтрофный
2	13	1.6–2.0– III	0.4–18.8	4.4–83.9	0–10 – I	альфа-мезотроф- ный - гипертрофный
3	10	1.5–1.7– III	8.9–13.8	22–29.6	0	бета-эвтрофный
<i>Среднее</i>	<i>12,0±1,0</i>	<i>1.78±0.1 – III</i>	<i>8.9±2.7</i>	<i>31.5±11.1</i>	<i>15.6 – I</i>	<i>бета-эвтрофный</i>

Обозначения как в Табл. 2

2. Исследованные озера характери-
зовались высокими показателями чис-
ленности и биомассы донных беспозво-
ночных. По величине биомассы макрозо-
обентоса уровень трофности озера Свет-
лого соответствовал бета-мезотрофному
типу водоема, озера Кокша – бета-эв-
трофному.

3. Уровень видового разнообразия
зообентоса, низкие значения олигохет-
ного индекса, а также присутствие холо-
долюбивых видов донных беспозвоноч-
ных, обитающих в предгорных и горных
водоемах, свидетельствуют о благопри-
ятных условиях для развития зообентоса
в исследованных озерах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declares that he has no conflict of interest.

*Авторы выражают благодарность к.б.н., доценту В.В. Кириллову и к.б.н. М.И. Ко-
вешникову за помощь в отборе проб. Исследование выполнено за счет гранта Россий-
ского научного фонда № 22-27-20134, <https://rscf.ru/project/22-27-20134/>».*

Список литературы

Безматерных Д.М. Зообентос // Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: Печатная мануфактура, 2004. С. 110–114.

Вершинин В.К. Зообентос некоторых водоемов Горного Алтая и его роль в питании интродуцированной пеляди // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования: Тез. докл. конф. Барнаул, 1979. С. 123 –124.

Галахов В.П., Губарев М.С. Водный баланс озера Светлое (Лебединное) // Известия АКО РГО. 2018. № 3(50). С. 10–16.

Герд С.В. Опыт биолимнологического районирования территории Союза ССР // Труды VI совещания по проблемам биологии внутренних вод. М., Л.: АН СССР, 1959. С. 131–138.

ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. М.: Госкомитет по стандартам, 1982. 12 с.

Жадин В.И. Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. М.: Учпедгиз, 1961. 600 с.

Иоганзен Б.Г. Гидробиологические исследования в Сибири // История региональных исследований биологических ресурсов гидросферы и их использование. М.: Наука, 1982. С. 169–195.

Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. 395 с.

Красная книга Алтайского края. Особо охраняемые природные территории. Барнаул, 2009. 273 с.

Лепнева С.Г. Донная фауна горных озер района Телецкого озера // Исследования озер СССР. Л.: Изд-во ГГИ, 1933. Вып.3. С. 135–168.

Лоскутова О.А. Зообентос разнотипных озер западного склона Приполярного Урала (бассейн реки Малый Поток) // Известия самарского научного центра. 2011, Т. 13, № 1(5). С. 1124–1126.

Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод / Ред. Г.Г. Винберг. Л.: АН СССР, 1974. 60 с.

Малолетко А.М. Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: ТГУ, 2003. 104 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России: в 6 т.: Т. 1–6. Л.: ЗИН РАН, 1994–2004.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Рычков В.М., Рычкова С.И. Феномен реки Кокши на Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая. 2004, № 2. URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf>. (дата обращения: 22.04.2022).

Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетики. М.: Иностр. лит., 1963. 860 с.

Яныгина Л. В. Зообентос бассейна Верхней и Средней Оби: воздействие природных и антропогенных факторов: Дисс. ... докт. биол. Наук. Владивосток, 2014. 399 с.

Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. Биоиндикация экологического состояния предгорных водоемов Алтая по зообентосу // Ползуновский вестник. 2006. № 2. С. 365–368.

Яныгина Л. В., Крылова Е. Н. Зообентос высокогорных водоемов бассейна Телецкого озера // Мир науки, культуры, образования. 2008. № 4. С. 18–20.

Boggero A., Lencioni V. Macroinvertebrates assemblages of high altitude lakes, inlets and outlets in the southern Alps // Archiv fur Hydrobiologie. 2006. Vol. 165. P. 37–61.

Carcamo R.J, Contador T., Gañan M., Troncoso P.C, Marquez M.A, Convey P., Kennedy J., Rozzi R. Altitudinal gradients in Magellanic sub-Antarctic lagoons: the effect of elevation on freshwater macroinvertebrate diversity and distribution // Peer. J. 2019. Vol. 7: e7128. doi.org/10.7717/peerj.7128

Goodnight C. J., Whitley L. S. Oligochetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Ind. Waste Conf., Pardue Univ. Ext., Sec. 1961. Vol. 106. P. 139–142.

Krno I., Sporka F., Galas J., Hamerlík L., Zatovicova S., Bitusik P. Littoral benthic macroinvertebrates of mountain lakes in the Tatra Mountains (Slovakia, Poland) // Biologia, Bratislava. 2006. Vol. 61(Suppl. 18). P. 147–166.

Manca M., Ruggiu D., Panzani P., Asioli A., Mura G., Nocentini A. Report on a collection of aquatic organisms from high mountain lakes in the Khumbu Valley (Nepalese Himalayas) // Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia. 1998. Vol. 57. P. 77–98.

Miserendino L.M., Pizzolon L.A. Macroinvertebrates of a fluvial system in Patagonia: altitudinal zonation and functional structure // Archiv für Hydrobiologie. 2000. Vol. 150. P. 55–83.

Moser K.A., Baron J.S., Brahney J., Oleksy I.A., Saros J.E., Hundey E.J., Strecker A.L. et al. Mountain lakes: eyes on global environmental change // Glob Planet Chang. 2019. Vol. 178. P.77–95. doi: 10.1016/j.gloplacha.2019.04.001

Scheibler E.E., Claps M.C., Roig S.A. Temporal and altitudinal variations in benthic macroinvertebrate assemblages in an Andean river basin of Argentina // Journal of Limnology. 2014. Vol. 73. P. 76–92.

Vdovina O.N., Yanygina L.V., Bezmaternykh D.M. Composition and structure of lake macroinvertebrate communities in different altitudinal zones of Russian Altai // Acta Biologica Sibirica. 2022. Vol. 8. P. 531–555. doi.org/10.14258/abs.v8.e33

References

Bezmaternyh D.M. Zoobentos [The zoobenthos] // Ozero Aya i ego okrestnosti (fiziko-geograficheskij ocherk) [Lake Aya and its surroundings (physical and geographical sketch)]. Tomsk: Pechatnaya manufaktura, 2004. P. 110–114. (In Russian).

Vershinin V.K., Konovalova O.S., Fomenko L.A. Zoobentos nekotoryh vodoemov Gornogo Altaya i ego rol' v pitanii introducirovannoj pelyadi [Zoobenthos of some Altai reservoirs and its role in the introduced peled' nutrition] // Biologicheskie resursy Altajskogo kraja i puti ih racional'nogo ispol'zovaniya [Biological resources of the Altai territory and ways of their rational use]. Barnaul, 1979. P. 123–124. (In Russian).

Galakhov V.P., Gubarev M.S. Vodnyj balans ozera Svetloe (Lebedinnoe) [Water balance of lake Svetloe (Lebedinoe)] // Izvestiya AKO RGO [Bulletin AB RGS]. 2018. no 3(50). P. 10–16. (in Russian).

Gerd S.V. Opyt biolimnologicheskogo rajonirovaniya territorii Soyuza SSR [Experience of biolimnological zoning of the territory of the USSR] // Trudy VI soveshchaniya po problemam biologii vnutrennih vod [Proceedings of the VI meeting on problems of biology of inland waters]. M., L.: AN SSSR, 1959. P. 131–138. (In Russian).

GOST 17.1.3.07-82 Ohrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov [Nature protection. Hydrosphere. Rules for water quality control of reservoirs and watercourses]. M.: Goskomitet po standartam, 1982. 12 p. (In Russian).

Zhadin V.I. Gerd S.V. Reki, ozera i vodohranilishcha SSSR, ih fauna i flora [Rivers, lakes and reservoirs of the USSR, their fauna and flora]. M.: Uchpedgiz, 1961. 600 p. (In Russian).

Ioganzen B.G. Gidrobiologicheskie issledovaniya v Sibiri [Hydrobiological studies in Siberia]. Istoriya regional'nykh issled. biol. resursov gidrosfery i ikh ispol'zovanie [History of regional studies of the biol. resources of the hydrosphere and their use]. Moscow: Nauka, 1982. P. 169–195. (In Russian).

Kitaev S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtologov [Basic general limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of RAS. 2007, 395 p. (In Russian).

Krasnaya kniga Altajskogo kraja. Osobo ohranyaemye prirodnye territorii [The Red Book of the Altai Territory. Specially protected natural areas]. Barnaul, 2009. 273 p. (In Russian).

Lepneva S.G. The bottom fauna of mountain lakes in the basin of Lake Teletskoye // Studies of Lakes of the USSR. 1933. Vol.3. 135–168. (in Russian).

Loskutova O.A. Zoobentos raznotipnyh ozer zapadnogo sklona Pripolyarnogo Urala (bassejn reki Malyj Potok) [Zoobenthos in different-type lakes at the western slope of the Circumpolar Urals (the Maly Patok river basin)] // *Izvestiya samarskogo nauchnogo centra [Izvestiya of Samara Scientific Center, RAS]*. 2011. Vol. 1(5). P. 1124–1126. (In Russian).

Makrushin A.V. Biologicheskij analiz kachestva vod [Biological analysis of water quality] / Ed. G.G. Vinberg. L.: AN SSSR, 1974. 60 p. (In Russian).

Maloletko A.M. Ozero Aya i ego okrestnosti (fiziko-geograficheskij ocherk) [Lake Aya and its surroundings (physical and geographical sketch)]. Tomsk: TGU, 2003. 104 p. (In Russian).

Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii: v 6 t.: T. 1–6, 1994–2004 [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands (1992–2004): Vol 1–6]. Calolihin, S.Ya. (eds.). Zoological institute of RAS, St. Petersburg, Russia. (In Russian).

Rukovodstva po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 318 p. (In Russian).

Rychkov V.M., Rychkova S.I. Fenomen reki Kokshi na Altae [The phenomenon of the Koksha river in Altai] // *Prirodnye resursy Gornogo Altaya [Natural resources of the Altai Mountains]*. 2004, № 2. URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf>. (accessed: 22.04.2022).

Shennon, K., Raboty po teorii informacii i kibernetiki [Works on information theory and cybernetics]. Moscow: Inostr. lit., 1963. 860 p. (In Russian).

Yanygina L.V. Zoobentos bassejna Verhnej i Srednej Obi: vozdejstvie prirodnyh i antropogennyh faktorov [Zoobenthos of the Upper and Middle Ob basin: the impact of natural and anthropogenic factors]: DSc (Dr. of Biol.) thesis. Vladivostok, 2014. 399 p. (In Russian).

Yanygina L.V, Krylova E.N. Bioindikaciya ekologicheskogo sostoyaniya predgornyyh vodoe-mov Altaya po zoobentosu [Bioindication of the ecological state of the foothill reservoirs of Altai according to zoobenthos] // *Polzunovskij vestnik [Polzunovsky vestnik]*. 2006. Vol. 2. P. 365–368. (In Russian).

Yanygina L. V., Krylova E. N. Zoobentos vysokogornyykh vodoyemov basseina Teletskogo ozera [Zoobenthos of high-altitude water bodies in the basin of Lake Teletskoy]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya [World of Science, Culture, Education]*. 2008. no. 4. P. 18–20. (In Russian).

Boggero A., Lencioni V. Macroinvertebrates assemblages of high altitude lakes, inlets and outlets in the southern Alps // *Archiv fur Hydrobiologie*. 2006. Vol. 165. P. 37–61.

Carcamo R.J., Contador T., Gañan M., Troncoso P.C, Marquez M.A, Convey P., Kennedy J., Rozzi R. Altitudinal gradients in Magellanic sub-Antarctic lagoons: the effect of elevation on freshwater macroinvertebrate diversity and distribution // *Peer. J.* 2019. Vol. 7: e7128. doi.org/10.7717/peerj.7128

Goodnight C. J., Whitley L. S. Oligochetes as indicators of pollution // *Proc. 15-th Ind. Waste Conf., Pardue Univ. Ext., Sec.* 1961. Vol. 106. P. 139–142.

Krno I., Sporka F., Galas J., Hamerlík L., Zatovicova S., Bitusik P. Littoral benthic macroinvertebrates of mountain lakes in the Tatra Mountains (Slovakia, Poland) // *Biologia, Bratislava.* 2006. Vol. 61(Suppl. 18). P. 147–166.

Manca M., Ruggiu D., Panzani P., Asioli A., Mura G., Nocentini A. Report on a collection of aquatic organisms from high mountain lakes in the Khumbu Valley (Nepalese Himalayas) // *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia.* 1998. Vol. 57. P. 77–98.

Miserendino L.M., Pizzolon L.A. Macroinvertebrates of a fluvial system in Patagonia: altitudinal zonation and functional structure // *Archiv für Hydrobiologie.* 2000. Vol. 150. P. 55–83.

Moser K.A., Baron J.S., Brahney J., Oleksy I.A., Saros J.E., Hundey E.J., Strecker A.L. et al. Mountain lakes: eyes on global environmental change // *Glob Planet Chang.* 2019. Vol. 178. P.77–95. doi: 10.1016/j.gloplacha.2019.04.001

Scheibler E.E., Claps M.C., Roig S.A. Temporal and altitudinal variations in benthic macroinvertebrate assemblages in an Andean river basin of Argentina // *Journal of Limnology.* 2014. Vol. 73. P. 76–92.

Vdovina O.N., Yanygina L.V., Bezmaternykh D.M. Composition and structure of lake macroinvertebrate communities in different altitudinal zones of Russian Altai // *Acta Biologica Sibirica.* 2022. Vol. 8. P. 531–555. doi.org/10.14258/abs.v8.e33

COMPOSITION AND STRUCTURE OF BENTHIC INVERTEBRATE COMMUNITIES OF FOOTHILL LAKES SVETLOYE AND KOKSHA (ALTAI KRAI)

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh, E.N. Krylova

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul

E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru, bezmater@iwep.ru, ken71@mail.ru

In September 2018, we studied the composition and structure of benthic invertebrate communities from foothill lakes Svetloye and Koksha. In zoobenthos of these water bodies a total

of 37 species of benthic invertebrates from 8 classes were identified, i.e., Turbellaria (1), Nematoda (2), Oligochaeta (11), Hirudinea (3), Bivalvia (2), Gastropoda (2), Crustacea (1) and Insecta (15). Here, macrozoobenthos abundance and biomass are rather high. The ecological state of these reservoirs was assessed with the use of the analyzed data on zoobenthos composition, structure and quantity. The level of zoobenthos species diversity, low oligochaete index and cold-loving species of benthic invertebrates (specific of foothill and mountain reservoirs) are evidence of favorable conditions for zoobenthos development in the studied lakes. By macrozoobenthos biomass, the trophic level of Lake Svetloye corresponds to beta-mesotrophic, whereas of Lake Koksha – to beta-eutrophic types.

Key words: benthic invertebrates; low-mountain lakes; West Siberia.

Received May 22, 2022

Сведения об авторах

Вдовина Ольга Николаевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории гидробиологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru.

Безматерных Дмитрий Михайлович – доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: bezmater@mail.ru.

Крылова Евгения Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории водной экологии Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1. E-mail: ken71@iwerp.ru.

Information about the authors

Vdovina Olga Nikolaevna – PhD in Biology, Researcher at the Laboratory of Hydrobiology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru.

Bezmaternykh Dmitry Mikhailovich – Dr Sc. in Biology, Associate Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: bezmater@mail.ru.

Krylova Evgeniya Nikolaevna – Researcher at the Laboratory of Water ecology of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. E-mail: ken71@iwerp.ru