

МАКРОЗООБЕНТОС ПРЕДГОРНЫХ ОЗЕР СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

О.Н. Вдовина, Д.М. Безматерных, М.В. Лассый

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, ул Молодежная, 1, г. Барнаул, 656 038, Россия.
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru*

В мае, июле и сентябре 2022 г. исследован таксономический состав и обилие донных беспозвоночных четырех озер северного и северо-восточного Алтая: Ая, Киреево, Кокша и Светлое. В макрозообентосе исследованных озер выявлено 126 видов из 9 классов беспозвоночных. Для озер Ая и Киреево характерно небольшое видовое разнообразие и низкие значения численности и биомассы донных беспозвоночных. По составу и структуре сообществ донных беспозвоночных озер Ая и Киреево были близки к равнинным и низкогорным озерам. В озерах Кокша и Светлое отмечено высокое таксономическое разнообразие и обилие макробеспозвоночных. Донное население этих озер имело черты как равнинных, так и горных озер.

MACROINVERTEBRATES THE FOOTHILL LAKES OF THE NORTHERN AND NORTHEASTERN ALTAI

O.N. Vdovina, D.M. Bezmaternykh, M.V. Lassy

*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1 Molodezhnaya st., Barnaul, 656 038, Russia.
E-mail: olgazhukova1984@yandex.ru*

The taxonomic composition and abundance of benthic invertebrates in four lakes (Aya, Kireevo, Koksha and Svetloye) of the northern and northeastern Altai were studied in May, July and September 2022. 126 species from 9 classes of invertebrates were identified in the macrozoobenthos of the studied lakes. Lakes Aya and Kireevo are characterized by low species diversity, abundance and biomass of benthic invertebrates. According to the composition and structure of communities of benthic invertebrates, lakes Aya and Kireevo were close to flatland and low-mountain lakes. High taxonomic diversity and abundance of macroinvertebrates in lakes Koksha and Svetloye were noted. The bottom population of these lakes had features of both flatland and mountain lakes.

Введение

По сравнению с большим объёмом работ по водоемам равнинных территорий, для озер, расположенных в предгорных (низкогорных) районах, до недавнего времени имела лишь разрозненная информация об их экосистемах, как в России, так и за рубежом. Важнейшей частью проблемы является нахождение предгорных озер между горными и равнинными озерами, которые представляют своеобразный экотон и значительно отличаются от них. Все больше данных свидетельствует о том, что низкогорные озера значительно отличаются от высокогорных и равнинных озер как по физическим, так и по биологическим свойствам (Mosser et al., 2019). Однако большой накопленный на сегодняшний день материал по изучению бентоса

горных озер не позволяет провести обобщение в отношении структуры бентосных сообществ таких территорий.

Бентофауна предгорных озер Алтая слабо изучена, имеются данные о таксономическом составе оз. Ая (Айское) (Малолетко и др., 2004; Безматерных, 2004), для озер Белое и Колыванское определен качественный и количественный состав зообентоса, были рассчитаны биоиндикационные индексы, основанные на численности олигохет (Яныгина, Крылова, 2008; Кузменкин, Иванова, 2020), а также данные о составе, структуре донных беспозвоночных и качестве воды озер Кокша и Светлое (Вдовина и др., 2022). Современное использование природных ресурсов предгорных озер Алтая ограничено недостаточностью знаний об их потенциале и современном экологическом состоянии, зависящем от сочетания естественных условий с интенсивным использованием их водосборных бассейнов.

Цель работы – выявление особенностей состава и структуры макрозообентоса предгорных озер северного и северо-восточного Алтая.

Материал и методы

В 2022 г. исследовано состояние макрозообентоса предгорных озер северного и северо-восточного Алтая: Киреево Красногорского района, Ая (Айское) Алтайского района, Кокша и Светлое Советского района (рис. 1). Эти озера были обследованы трижды, в разные гидрологические сезоны: 27.05–2.06.2022 г., 20–28.07.2022 г., 05–11.09.2022 г. По площади водного зеркала озера относятся к категории малых, по максимальной глубине – к средним (Ая), малым (Киреево) и очень малым (Кокша, Светлое) (Губарев и др., 2023). По уровню минерализации данные озера являются ультрапресными. Исследованные озера интенсивно используются в рекреационных и сельскохозяйственных целях. Для водосбора оз. Ая характерна высокая рекреационная нагрузка, для оз. Киреево нагрузка несколько меньше. Средняя степень антропогенного воздействия характерна для озер Светлое (рекреационное воздействие), низкая – оз. Кокша (сельскохозяйственное воздействие). Озера Кокша и Светлое расположены в бассейне р. Кокша на Предалтайской равнине. Озера уникальны тем, что не замерзают зимой, при небольшой площади водосбора, отсутствии впадающих ручьев (рек) и отрицательном балансе «осадки-испарение» озера имеют обильное питание (Галахов, Губарев, 2018), которое обусловлено подземными водами. 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).

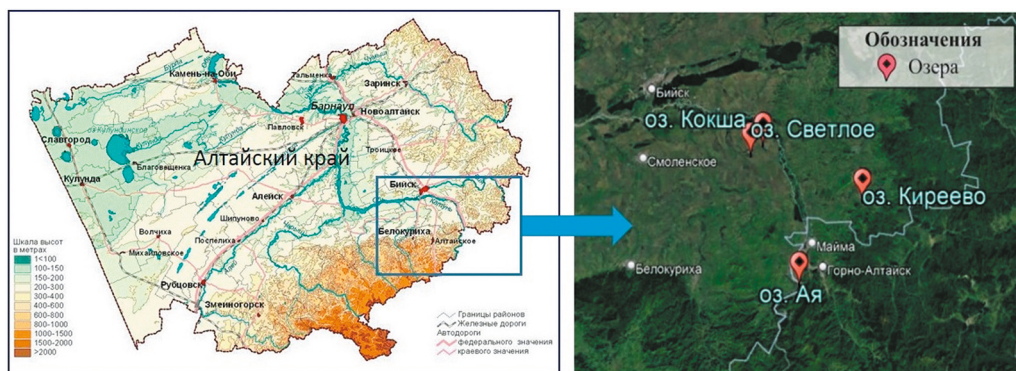


Рис. 1. Расположение изученных озер

Материал для исследований собирали и обрабатывали по стандартным гидро-биологическим методикам (Руководство..., 1992). Отобрано 105 количественных и 13 качественных проб макрозообентоса. Количественные пробы отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м², пробы промывали через капроновый газ с размером ячеек 350x350 мкм и фиксировали 70 % этанолом. При сборе зообентоса с каменистого грунта вручную отбирали несколько камней на глубине до 0,7 м и для отмывания помещали в сачок-промывалку. В дальнейшем камень обрисовывали по контуру на миллиметровой бумаге для подсчета площади. После установления постоянной массы животных разбирали по систематическим группам, просчитывали и взвешивали на торсионных весах типа ВТ-500. Определение материала проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных России» (1994–2004). Уровень трофности определяли по шкале С.П. Китаева (2007), уровень видовой разнообразия по Шеннону (1963).

Результаты и обсуждения

В озере Ая, донные беспозвоночные представлены 41 видом из 3 классов: Oligochaeta (7), Hirudinea (1) и Insecta (33). Наибольшее количество видов среди насекомых отмечено для отряда двукрылых (27 видов, из которых 23 – хирономиды), далее следовали ручейники – 5 видов и поденки – один вид. Макробеспозвоночные выявлены в зоне прибрежья на каменистом грунте. В зоне открытой воды на мягких грунтах организмы зообентоса отсутствовали в мае и июле, в сентябре обнаружены единичные особи хирономид и олигохет. Количество видов в пробе из глубинных зон составляло 0–1, в прибрежье – 6–7 (среднее для озера 2,91 ± 0,71) (табл. 1). Индекс Шеннона в профундали равнялся 0, в литорали максимальные значения достигали 3,24 бит/экз. (среднее – 0,89 ± 0,23 бит/экз.). В целом, видовое разнообразие, а также значения численности и биомассы макробеспозвоночных

Таблица 1

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер

Озеро	Сезон	Число видов в пробе	Численность, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Н, бит/экз.	Уровень трофности по шкале С.П. Китаева (2007)
Ая	май	4,30 ± 0,90	1,65 ± 0,53	1,74 ± 1,39	1,38 ± 0,34	бета-олиготрофный
	июль	2,10 ± 1,40	0,08 ± 0,05	0,07 ± 0,05	0,68 ± 0,45	ультраолиготрофный
	сентябрь	2,37 ± 1,36	0,19 ± 0,10	0,16 ± 0,08	0,60 ± 0,40	ультраолиготрофный
	среднее	2,91 ± 0,71	0,64 ± 0,22	0,65 ± 0,47	0,89 ± 0,23	альфа-олиготрофный
Киреево	май	6,50 ± 1,30	1,48 ± 0,26	0,79 ± 0,18	1,91 ± 0,10	альфа-олиготрофный
	июль	6,25 ± 0,55	2,62 ± 0,59	2,17 ± 0,76	1,97 ± 0,13	бета-олиготрофный
	сентябрь	8,55 ± 1,00	5,29 ± 0,91	2,74 ± 0,55	1,74 ± 0,24	альфа-мезотрофный
	среднее	7,16 ± 0,61	3,22 ± 0,49	1,93 ± 0,35	1,87 ± 0,10	бета-олиготрофный
Кокша	май	9,30 ± 1,40	5,98 ± 2,37	16,5 ± 5,36	2,16 ± 0,20	альфа-эвтрофный
	июль	13,3 ± 1,21	19,0 ± 5,50	25,8 ± 4,04	2,40 ± 0,18	бета-эвтрофный
	сентябрь	13,9 ± 0,96	9,65 ± 2,31	20,5 ± 2,91	2,48 ± 0,24	бета-эвтрофный
	среднее	12,2 ± 0,79	11,3 ± 2,23	20,7 ± 2,47	2,34 ± 0,12	бета-эвтрофный
Светлое	май	10,1 ± 0,90	6,87 ± 0,91	12,9 ± 4,43	2,21 ± 0,31	альфа-эвтрофный
	июль	13,3 ± 1,34	11,1 ± 1,84	28,4 ± 11,01	2,34 ± 0,10	бета-эвтрофный
	сентябрь	10,3 ± 0,79	7,03 ± 1,65	9,75 ± 3,01	2,11 ± 0,21	бета-мезотрофный
	среднее	11,3 ± 0,65	8,36 ± 0,92	17,3 ± 4,33	2,22 ± 0,12	альфа-эвтрофный

Примечания: Н – коэффициент видовой разнообразия по Шеннону

были выше в мае, чем в другие сезоны 2022 г. Донное население носило хирономидный характер (отмечены в 58 % проб), представленное в основном подсем. Chironominae (46 % проб). В отдельные сезоны преобладали различные таксоны зообентоса, явных доминантов, в целом для озера, выявить не удалось. Максимальное разнообразие отмечено в мае, наибольшая частота встречаемости отмечена для комаров-звонцов (87,5 %), из них чаще остальных отмечены рода *Tanytarsus* (50 %), *Cricotopus* (37,5 %), *Endochironomus* (37,5 %), *Glyptotendipes* (37,5 %). Большой процент встречаемости отмечен также для семейств Caenidae (*Caenis horaria* L. – 62,5 %) и Naididae (*Nais* – 62,5 %). В июле и сентябре также доминировали хирономиды (37,5 % и 50 % соответственно), субдоминировали олигохеты сем. Tubificidae (25 %), представленные в основном *Limnodrilus* sp. Для озера характерны низкие значения численности и биомассы сообществ донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал олиготрофному типу водоема. По численности и биомассе макрозообентоса доминировали хирономиды, большой вклад в биомассу зообентоса также вносили ручейники (табл. 2)

В более ранних исследованиях также отмечено отсутствие бентоса в центральной части озера, наиболее обильный бентос обнаружен на детрите (до 4,82 г/м²). В 2002 г. в оз. Ая отмечено более низкое видовое разнообразие макрозообентоса. Обнаружено 12 видов донных беспозвоночных: 2 вида пиявок, по 1 виду мшанок, стрекоз, поденок, клопов, 6 видов двукрылых (из них 5 – хирономиды). По численности и биомассе в большинстве проб доминировали хирономиды и пиявки (Безматерных, 2004). Меньшее количество выявленных таксонов, вероятно, объясняется тем, что исследования зообентоса в 2022 г. носили более длительный характер и охватывали большее число биотопов.

Таблица 2

**Количество видов, численность и биомасса основных таксонов зообентоса
в исследованных озерах**

Озеро	Таксон	Количество видов	Численность, %	Биомасса, %
Ая	Хирономиды	23	53,6	44,1
	Олигохеты	7	22,7	9,0
	Ручейники	5	7,2	38,2
	Прочие	6	16,5	8,7
Киреево	Хирономиды	28	56,1	53,5
	Олигохеты	8	36,8	34,5
	Прочие	16	7,1	12,0
Кокша	Хирономиды	28	69,4	26,3
	Олигохеты	10	20,5	8,2
	Ракообразные	2	3,2	8,7
	Поденки	1	1,9	23,2
	Пиявки	5	1,0	23,2
	Прочие	30	4,0	10,4
Светлое	Хирономиды	24	71,5	35,1
	Олигохеты	10	15,7	23,3
	Ракообразные	2	5,3	14,5
	Поденки	1	1,0	9,1
	Ручейники	4	1,6	12,3
	Прочие	14	4,9	5,7

В озере Киреево выявлено 52 вида донных беспозвоночных из 6 классов: Nematoda (1), Oligochaeta (8), Hirudinea (1), Gastropoda (2), Arachnida (2) и Insecta (38). Наибольшее количество видов относилось к классу насекомых, среди них разнообразнее представлены двукрылые (31 вид, из которых 28 – хирономиды), далее по количеству видов идут поденки (4 вида), клопы (2 вида) и жуки (1 вид). По всей акватории озера Киреево донные отложения представлены мягкими илистыми и глинистыми грунтами, с примесью детрита в прибрежье, что обусловило развитие пелофильных сообществ макробеспозвоночных. В доминирующем комплексе входили хирономиды (отмечены в 100 % проб), олигохеты из сем. Tubificidae (92 %) и хаобориды (52 %). Хирономиды в основном были представлены подсемействами Chironominae и Tanypodinae (96 и 92 % соответственно), из них чаще отмечены *Procladius* sp. (88 %), *Chironomus* sp. (84 %), *Cryptochironomus* gr. *defectus* (64 %), *Microchironomus tener* (Kieffer) (36 %). Из олигохет чаще других отмечен *Limnodrilus* sp. (92 %), из хаоборид – *Chaoborus* (C.) *flavicans* (Meigen) (52 %). Видовое богатство было невысоким ($7,16 \pm 0,61$ видов в пробе), индекс Шеннона составил $1,87 \pm 0,10$ бит/экз. Значения численности и биомассы зообентоса также были невысокие и характерны олиготрофным водоемам. В зообентосе озера доминировал хирономидно-олигохетный комплекс видов (табл. 2). Увеличение биомассы наблюдалось в сентябре, уровень развития зообентоса соответствовал мезотрофному типу водоема.

Озера Кокша и Светлое близки по составу и структуре сообществ донных беспозвоночных. Разнообразно представлен макрозообентос озера Кокша где выявлено 76 видов из 9 классов беспозвоночных: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (10), Hirudinea (5), Bivalvia (2), Gastropoda (6), Arachnida (5), Crustacea (2) и Insecta (44). Среди насекомых максимальное количество видов отмечено для отряда двукрылых (34 вида, из которых 28 – хирономиды), второе место по качественному разнообразию принадлежало жукам (4 вида), по 2 вида ручейников и клопов, а также по одному виду поденок и большекрылок. Менее разнообразен зообентос озера Светлого, в котором обнаружено 55 видов макробеспозвоночных из 9 классов: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (10), Hirudinea (1), Bivalvia (2), Gastropoda (3), Arachnida (4), Crustacea (2) и Insecta (31). Среди насекомых лидировали двукрылые, представленные семейством хирономид (24 вида), второе место по качественному разнообразию принадлежало ручейникам – 4 вида, также отмечено по одному виду поденок, жуков и большекрылок. По частоте встречаемости в озерах преобладали двукрылые из сем. Chironomidae (отмечены в 100 % проб), олигохеты сем. Tubificidae (80 %) и Gammaridae (52 %). Комары-звонцы были представлены разнообразно, максимальный процент встречаемости у подсем. Chironominae (94 %), далее следуют Tanypodinae (80 %), Orthocladiinae (78 %) и Diamesinae (55 %). Из хирономид чаще остальных в пробах отмечены *Tanytarsus pseudolestagei* Shilova (74 %), *Procladius* sp. (57 %), *Sergentia* gr. *longiventris* (55,5 %), *Macropelopia* sp. (52 %), *Psectrocladius* sp. (48 %), *Cladotanytarsus* gr. *mancus* (37 %), *Pseudodiamesa* gr. *nivosa* (33 %). Из олигохет *Tubifex tubifex* Müller (57 %), *Limnodrilus* sp. (50 %) и *Spirosperma ferox* Eisen (37 %).

По сравнению с другими озерами, озера Кокша и Светлое отличались более высоким видовым разнообразием, в среднем отмечено более 11 видов в пробе. Индекс Шеннона в оз. Кокша составлял $2,34 \pm 0,12$ бит/экз. в среднем по озеру в различные сезоны, максимальные его значения составили 3,45 бит/экз. В оз. Светлое индекс Шеннона в среднем по озеру в различные сезоны равнялся $2,22 \pm 0,12$ бит/экз., максимальные его значения отмечены в прибрежье

на каменистом грунте, он составил 3,9 бит/экз. В составе зообентоса озер выявлены холодолюбивые, обитающие преимущественно в предгорных и горных водоемах личинки хирономид и олигохет (*Prodiamesa olivacea*, *P. gr. nivosa*, *Macropelopia* sp., *S. gr. longiventris*, *Stylodrilus* sp.). Для озер характерны высокие значения численности и биомассы донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал эвтрофным водоемам. По численности в озерах доминировали хирономиды, по биомассе помимо хирономид большой вклад вносили олигохеты (оз. Светлое), поденки и пиявки (оз. Кокша) (табл. 2). Максимальные значения биомассы отмечены в июле, минимальные в мае в оз. Кокша и в сентябре в оз. Светлое (табл. 1). В прибрежье на песчаном и каменистом грунтах в качестве доминантов по биомассе выступали ракообразные и моллюски. На участках, где из озер вытекают реки основной вклад в биомассу зообентоса вносили поденки *Ephemera* sp.

По сравнению с предыдущими исследованиями (Вдовина и др., 2022) в составе зообентоса количество выявленных таксонов было выше в 2022 г., что объясняется большим количеством отобранных проб и проведением исследований в различные гидрологические периоды. Кроме того, отмечено снижение обилия донных беспозвоночных в оз. Кокша и их умеренное увеличение в оз. Светлое в аналогичный период исследований.

Заключение

Таким образом, в исследованных озёрах выявлено 126 видов макрозообентоса из 9 классов беспозвоночных: Turbellaria (1), Nematoda (1), Oligochaeta (15), Hirudinea (5), Bivalvia (2), Gastropoda (7), Arachnida (8), Crustacea (2) и Insecta (85). Среди насекомых максимальное количество видов отмечено для двукрылых (61 вид, 52 – хирономиды), далее по количеству видов следовали ручейники (11), жуки (5), поденки (4), клопы (3) и большекрылки (1). Максимальное количество видов отмечено в оз. Кокша, минимальное – в оз. Ая. По таксономическому составу макробеспозвоночных наиболее близки между собой пары озер: Ая – Киреево, Кокша – Светлое (рис. 2).

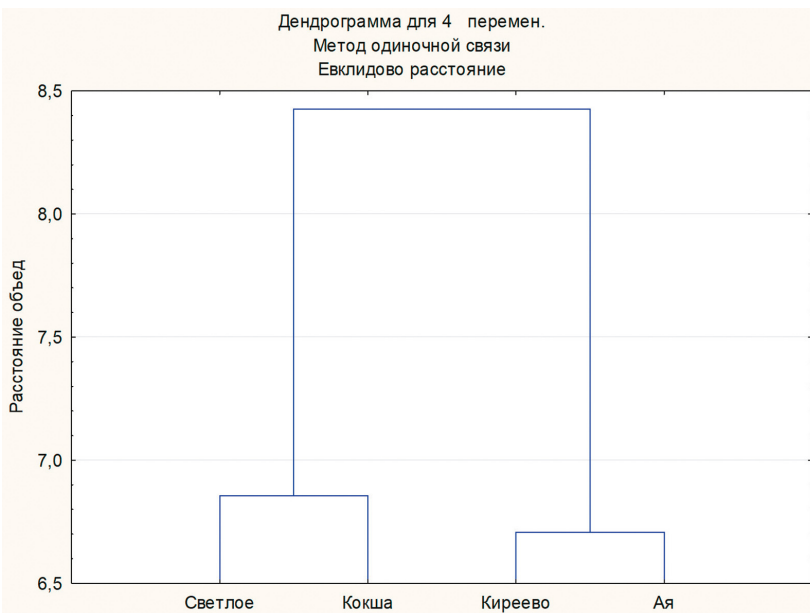


Рис. 2. Результаты кластерного анализа таксономического состава зообентоса исследованных озер

По составу и структуре донных беспозвоночных озера Ая и Киреево были близки к равнинным и низкогорным озерам. Значения численности и биомассы зообентоса озера Ая и Киреево были невысокие, соответствовали олиготрофным водоемам.

Озера Кокша и Светлое отличались своеобразием донного населения, оно имело черты как равнинных, так и высокогорных озер. Так же, как и для равнинных озер в качестве доминирующих таксонов отмечены комары-звонцы подсемейств Chironominae и Tanypodinae, а также олигохеты сем. Tubificidae (Bezmaternykh, Vdovina, 2020). В то же время наблюдается высокий процент встречаемости для подсемейств хирономид Orthoclaadiinae и Diamesinae, что характерно для горных водоемов (Vdovina et al., 2022). В озерах Кокша и Светлое выявлены холодолюбивые, обитающие преимущественно в предгорных и горных водоемах олигохеты и личинки комаров-звонцов. Кроме того, в более 50 % проб отмечены амфиподы, доминирование которых по встречаемости также было отмечено ранее для горных и высокогорных озер Алтае-Саянской горной страны (Лепнева, 1933; Вершинин и др., 1979; Яныгина, Крылова, 2006), водоемов Чили, расположенных на высоте от 250 до 1000 метров над уровнем моря (Carcamo et al., 2019), водотоках Патагонии (Miserendino, Pizzolón, 2000) и Аргентинских Анд (Scheibler et al., 2014). Для озер Кокша и Светлое характерны высокие значения численности и биомассы донных беспозвоночных, уровень развития донных зооценозов соответствовал эвтрофным водоемам. Особенности состава и структуры озер Кокша и Светлое обусловлены их уникальным гидрологическим режимом.

Благодарности

Авторы искренне благодарят М.С. Губарева, Е.Н. Крылову и Р.К. Свиридова за помощь в проведении работ. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда 22-27-20 134, <https://rscf.ru/project/22-27-20 134/>.

Литература

- Безматерных Д.М.** 2004. Зообентос // Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: Печатная мануфактура. С. 110–114.
- Вдовина О.Н., Безматерных Д.М., Крылова Е.Н.** 2022. Состав и структура сообществ донных беспозвоночных предгорных озер Светлое и Кокша (Алтайский край) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 3 (66). С. 33–47.
- Вершинин В.К., Коновалова С.С., Фоменко Л.А.** 1979. 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. С. 123–124.
- Галахов В.П., Губарев М.С.** 2018. Водный баланс озера Светлое (Лебединое) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 3(50). С. 10–16.
- Губарев М.С., Безматерных Д.М., Свиридов Р.К.** 2023. Современные данные о морфометрических характеристиках шести предгорных озер Русского Алтая // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № 1 (68). С. 5–15.
- Китаев С.П.** 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КНЦ РАН. 395 с.
- Кузменкин Д.В., Иванова Е.С.** 2020. Количественная характеристика макрозообентоса литорали Кольванского и Белого озер (Северо-Западный Алтай) по исследованиям 2019 г. Труды Тигирекского заповедника. Вып. 12. С. 100–104.
- Лепнева С.Г.** 1933. Донная фауна горных озер района Телецкого озера // Исследования озер СССР. Л.: Изд-во ГГИ. Вып. 3. С. 135–168.
- Малолетко А.М., Прудникова Н.Г., Кириллова Т.В. и др.** 2004. Озеро Ая и его окрестности (физико-географический очерк). Томск: Печатная мануфактура. 204 с.

- Определитель пресноводных беспозвоночных России. 1994–2004.** Т. 1–6. Л.: ЗИН РАН.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** СПб.: Гидрометеониздат. 318 с.
- Рычков В.М., Рычкова С.И. 2004.** Феномен реки Кокши на Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая. № 2. URL: <http://altay-geojournals.ru/wp-content/uploads/2015/02/2-20.pdf> (дата обращения: 22.04.2022).
- Шеннон К. 1963.** Работы по теории информации и кибернетики. М.: Иностран. лит. 860 с.
- Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. 2006.** Биоиндикация экологического состояния предгорных водоемов Алтая по зообентосу // Ползуновский вестник. № 2. С. 365–368.
- Яныгина Л.В., Крылова Е.Н. 2008.** Зообентос высокогорных водоемов бассейна Телецкого озера // Мир науки, культуры, образования. № 4. С. 18–20.
- Bezmaternykh D.M., Vdovina O.N. 2020.** Composition and structure of macrozoobenthos of lakes in different natural zones and subzones of Western Siberia // *Limnology*. Vol. 21. P. 3–13. <https://doi.org/10.1007/s10201-019-00586-y>
- Carcamo R.J., Contador T., Gañan M., Troncoso P.C., Marquez M.A., Convey P., Kennedy J., Rozzi R. 2019.** Altitudinal gradients in Magellanic sub-Antarctic lagoons: the effect of elevation on freshwater macroinvertebrate diversity and distribution // *PeerJ Journals*. Vol. 7: e7128. <https://doi.org/10.7717/peerj.7128>
- Miserendino L.M., Pizzolon L.A. 2000.** Macroinvertebrates of a fluvial system in Patagonia: altitudinal zonation and functional structure // *Archiv für Hydrobiologie*. 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. 2019.** Mountain lakes: eyes on global environmental change // *Glob Planet Chang*. Vol. 178. P. 77–95. doi:10.1016/j.gloplacha.2019.04.001
- Scheibler E.E., Claps M.C., Roig S.A. 2014.** Temporal and altitudinal variations in benthic macroinvertebrate assemblages in an Andean river basin of Argentina // *Journal of Limnology*. Vol. 73. P. 76–92.
- Vdovina O.N., Yanygina L.V., Bezmaternykh D.M. 2022.** Composition and structure of lake macroinvertebrate communities in different altitudinal zones of Russian Altai // *Acta Biologica Sibirica*. Vol. 8. P. 531–555. <https://doi.org/10.14258/abs.v8.e33>