

УДК 502.53 (574.9)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ БАЙКАЛЬСКОЙ ЭНДЕМИЧНОЙ АМФИПОДЫ *GMELINOIDES FASCIATUS* В ДОННОЙ ПОДСИСТЕМЕ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧИТИНСКОЙ ТЭЦ-1

© 2024 г. А. Б. Шойдоков*, П. В. Матафонов**, С. В. Борзенко***

Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия

*E-mail: shdkvly.sc@yandex.ru

**E-mail: benthos@yandex.ru

***E-mail: svb_64@mail.ru

Поступила в редакцию 21.03.2024 г.

После доработки 14.07.2024 г.

Принята к публикации 20.08.2024 г.

Геоэкологическая ситуация в природно-технических геоэкосистемах Байкальской Азии осложняется проникновением чужеродных видов. Сведения о проникшей в водоем-охладитель Читинской ТЭЦ-1 байкальской эндемичной амфиподы *Gmelinoides fasciatus* недостаточны для оценки сложившейся геоэкологической ситуации в донной подсистеме водоема. Целью исследования стало выявить геоэкологические особенности и функции *Gm. fasciatus*, влияющие на геоэкологическую ситуацию в донной подсистеме водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1. В 2022–2023 гг. изучено распределение, размерная структура популяции и элементный состав *Gm. fasciatus* в озере Кенон. Установлено, что *Gm. fasciatus* освоил прибрежную зону озера, размерный состав и структура популяции свидетельствуют о ее устойчивости. Содержание Р в сырой массе *Gm. fasciatus* в озере составляет 29.7 кг, Са – 444 кг, Си – 0.28 кг. В связи с вселением *Gm. fasciatus* в озеро Кенон в системе мониторинга и управления водоемом-охладителем появилась возможность использования нового индикатора состояния донной подсистемы. Инвазия амфиподы *Gm. fasciatus* повлекла за собой изменение геоэкологической ситуации в водоеме-охладителе Читинской ТЭЦ-1 – озере Кенон.

Ключевые слова: Байкальская Азия, водоем-охладитель, природно-техническая система, геоэкологическая ситуация, чужеродные виды, *Gmelinoides fasciatus*, оз. Кенон

DOI: 10.31857/S0869607124020067, EDN: MOPQEC

ВВЕДЕНИЕ

Под влиянием природных и антропогенных факторов в Байкальской Азии формируются природно-технические геоэкосистемы. Их функционирование и геоэкологическая ситуация в них осложняются проникновением видов-инвайдеров. Неконтролируемые изменения технобиоты под влиянием видов-инвайдеров предполагают необходимость разработки методов контроля и управления состоянием природно-технических систем [14]. Чужеродные виды способны изменять облик водных и наземных экосистем [5], при этом в крупных водоемах под влиянием чужеродных видов зообентоса происходят существенные изменения биогеохимических процессов и режимные перестройки экосистем [10]. В Ладожском озере зна-

чительную роль в изменении структуры сообществ и изменении облика биотопов оказывает *Gmelinoides fasciatus* — байкальская эндемичная литоральная бентическая амфипода, широко расселившаяся в водоёмах России [9]. В Забайкальском крае *Gm. fasciatus* стал одним из ведущих компонентов донных сообществ и ландшафтов в Ивано-Арахлейской системе озер [11].

Предположительно в конце 1990-х гг. *Gm. fasciatus* проник в водоем-охладитель Читинской ТЭЦ-1 [1], однако публикации о его экологии и месте в геоэкосистеме единичны [12,15] и недостаточны для оценки влияния на геоэкологическую ситуацию в водоеме-охладителе [18]. Цель исследования — выявить геоэкологические особенности и функции *Gm. fasciatus*, влияющие на геоэкологическую ситуацию в донной подсистеме водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с физико-географическим районированием России [13], озеро Кенон находится в Центральном Забайкалье Байкальской горной страны. Котловина водоема сформировалась предположительно в мелу-палеогене, завершение оформления котловины озера произошло 71–24 тыс. л.н. [6]. Климат территории резко континентальный, со значительными межгодовыми колебаниями количества осадков [17]. Площадь зеркала озера — 16 км² [16]. В маловодном 2013 г. максимальная глубина озера составила 4,7 м. В период нашего исследования уровень озера был искусственно поднят — в озере преобладали глубины более четырех метров, максимальная глубина составила 6,2 м.

Распределение *Gm. fasciatus* в озере Кенон изучено в период открытой воды 21–23 октября 2022 г. на 32 станциях исследования, равномерно распределенных по всей акватории озера Кенон (52.03915°с.ш., 113.38446°в.д.). Пробы отбирали с использованием дночерпателя Петерсена (ДЧ 0.025) с площадью захвата 0.025 м². Для изучения размерно-возрастной структуры популяции 17 ноября 2022 г., в подледный период, на станции № 32 у южного побережья на глубине 1,5 м отобрано 85 особей *Gm. fasciatus*. Две пробы на элементный состав *Gm. fasciatus* отобраны 9 июня 2023 г.: одна — на направляющей дамбе (район устья сбросного канала Читинской ТЭЦ-1), вторая — на станции № 32. Элементный анализ проб проведен в Аналитическом сертификационном испытательном центре ФГБУН «Институт проблем технологий микроэлектроники и особочистых материалов» РАН (АСИЦ ИПТМ РАН) г. Черноголовка, атомно-эмиссионным (iCAP-6500, Thermo Scientific, США) и масс-спектральным с индуктивно связанной плазмой (X-7, Thermo Elemental, США) методами анализа. Аттестат аккредитации зарегистрирован в Государственном реестре под № РОСС RU.0001.513800 от 09.09.2013. Сведения об элементном составе пересчитаны на сырой вес, содержание сухого вещества в *Gm. fasciatus* принято 24%.

Карта-схема распределения *Gmelinoides fasciatus* составлена в ArcGIS 10.8.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение *Gm. fasciatus* в озере Кенон в октябре 2022 года было неравномерным (рис. 1). Можно выделить западную часть озера, где он обнаружен только в прибрежной зоне, и восточную часть озера, где он обнаружен на большинстве обследованных станций, включая глубинную зону.

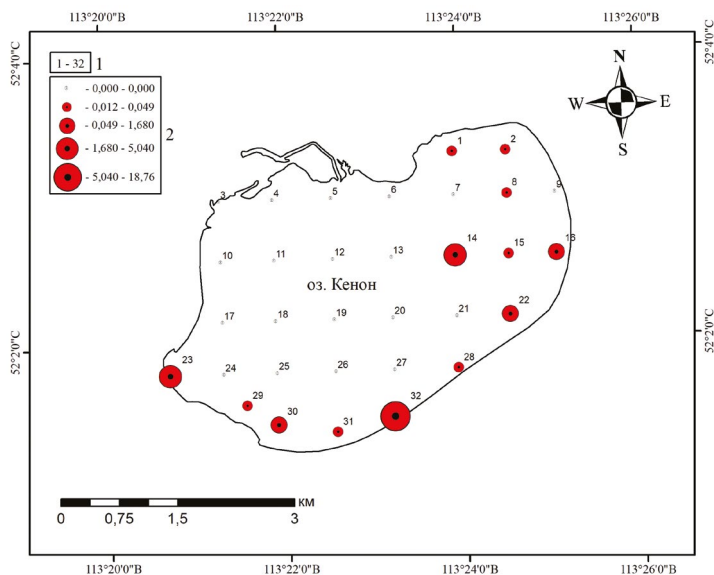


Рис. 1. Распространение *Gm. fasciatus* в озере Кенон, октябрь 2022 г. 1 — номера станций исследования, 2 — значения биомассы, г/м².

Fig. 1. Distribution *Gm. fasciatus* in Kenon Lake, October 2022 y. 1 — numbers of research stations, 2 — biomass values, g/m².

С глубиной численность *Gm. fasciatus* снижалась — максимальная численность отмечена в прибрежной зоне южной части озера на глубине 1.5 м и достигала 3400 экз./м² (рис. 2). Здесь же отмечена и максимальная биомасса — 18.8 г/м². Для ландшафтов преобладающей в озере зоны глубин более четырех метров характерны очень низкие показатели обилия *Gm. fasciatus* (рис. 2). В среднем ($M \pm SE$) численность *Gm. fasciatus* в озере Кенон в октябре 2022 г. составила 190 ± 34 экз./м², биомасса — 1.06 ± 0.18 г/м², а его валовая численность и биомасса в озере оценены нами в 3.04 млрд особей и 17 тонн.

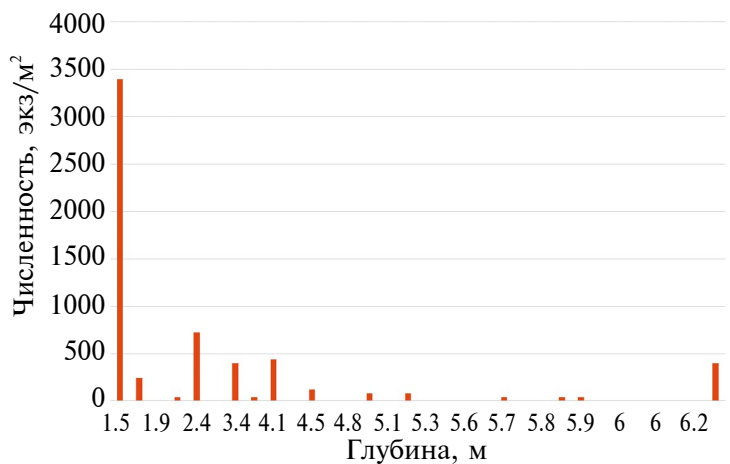


Рис. 2. Распределение *Gm. fasciatus* по глубине в оз. Кенон, октябрь 2022 г.

Fig. 2. Distribution of *Gm. fasciatus* in depth in the lake Kenon, October 2022 y.

Популяция *Gm. fasciatus* в ноябре 2022 г. была представлена широким размерным диапазоном особей от 2.2 до 9.7 мм (рис. 3), в популяции преобладали особи с размерами 4.6–9.6 мм.



Рис. 3. Размерная структура популяции *Gm. fasciatus* в озере Кенон.

Fig. 3. The size structure of *Gm. fasciatus* population in the lake Kenon.

Содержание основного элемента в энергетике водных сообществ — фосфора в сырой массе *Gm. fasciatus* из озера Кенон — составило в среднем 0.18% (табл. 1). Из макроэлементов, определяющих химический состав вод, *Gm. fasciatus* характеризуется относительно высоким содержанием кальция, а из тяжелых металлов, по которым отмечается загрязнение озера Кенон, — содержанием меди (табл. 1).

Таблица 1. Элементный состав *Gm. fasciatus* в оз. Кенон

Table 1. Elemental composition of *Gm. fasciatus* in Lake Kenon

Элемент	Направляющая дамба. Содержание, мкг/г сухого вещества	Станция «32». Содержание, мкг/г сухого вещества	Среднее содержание, мкг/г сырого вещества	Содержание, мкг в сыром веществе/м²	Содержание, грамм в сыром веществе в озере
Р	7174	8646	1750	1855	29676
К	5900	3932	1439	1525	24406
Ca	107230	118526	26154	27723	443566
Cu	67.2	45.1	16.4	17	278
Hg	0.032	<ПО* (0.021)	0.005**	0.008	0.1
Pb	0.29	0.12	0.071	0.075	1.2

* — предел обнаружения, ** — за среднее принят предел обнаружения.

ОБСУЖДЕНИЕ

С момента вселения *Gm. fasciatus* в озеро Кенон [1] прошло более 20 лет. В новых геоэкосистемах различного типа (природных или природно-технических) *Gm. fasciatus* заселяет мелководную зону с твердыми песчаными и галечниковыми грунтами и, без учета миграционных потоков, достигает в них численности 7000–8000 экз./м² и биомассы до 43 г/м² [11, 8, 19]. Полученные нами материалы показывают, что и в водоеме-охладителе Читинской ТЭЦ-1 *Gm. fasciatus* занял свою экологическую нишу: освоил характерное для него местообитание и достиг в нем достаточно высоких показателей обилия.

Высокие количественные показатели и распространение позволяют предполагать довольно значимые в геосистеме водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 геоэкологические функции *Gm. fasciatus*, определяемые особенностями его биологии, экологии, географии, биохимии и т.д. Обзор исследований *Gm. fasciatus* в различных водоемах [11, 8, 19, 4] показывает широкий спектр его функций. В биологическом отношении *Gm. fasciatus* — первичноводный организм, который всю жизнь проводит в водной среде. В отношении экологии *Gm. fasciatus* способен вести нектобентический образ жизни, является конкурентоспособным и неприхотливым к условиям окружающей среды г-стратегом, легко занимающим свою экологическую нишу в новых для него экосистемах; по местам обитания это литоральный, преимущественно псаммо- и литофильный вид, способный мигрировать на большие расстояния и пересекать пелагиаль; по типу и способу питания — эврифаг и, преимущественно, собиратель, участвующий в измельчении органического вещества. В отношении географии *Gm. fasciatus* — чужеродный для геоэкосистем Центрального Забайкалья, широко расселившийся в России представитель эндемичной Байкальской фауны, в местах своего массового обитания и миграций он формирует облик донных сообществ и ландшафтов. В биогеохимическом отношении *Gm. fasciatus* обладает специфическим для амфипод химическим составом, участвует в накоплении, миграции химических элементов и перераспределении потоков вещества и энергии [8]. В геоэкологическом отношении он может использоваться как индикатор климатических изменений [12] и как индикатор состояния донных местообитаний [4].

Изменение климата и хозяйственная деятельность оказывают воздействие на состояние озерных геоэкосистем, их компонентов и геосистемные связи. Увеличение или снижение уровня режима водоемов может быть губительно для организмов. В экстремально маловодные годы в озере Кенон происходит значительное сокращение характерных для *Gm. fasciatus* мест обитания. Под влиянием изменений климата и температуры воды возможно допустить нарушение воспроизводства в популяциях *Gm. fasciatus*. Однако исследование размерного состава популяции *Gm. fasciatus* в оз. Кенон показывает наличие разновозрастных особей и сходство размерной структуры популяции с наблюдаемой в это время года в оз. Арахлей [12] — все это позволяет предположить, что популяция *Gm. fasciatus* в озере Кенон устойчива, а донная подсистема озера Кенон в связи с его появлением перешла в новое стабильное состояние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инвазия амфиподы *Gm. fasciatus* в водоеме-охладителе Читинской ТЭЦ-1 повлекла за собой изменение геоэкологической ситуации в озере Кенон: произошло необратимое изменение состава и структуры донных сообществ и ландшафтов;

в донной подсистеме появился экосистемный «инженер», аналогов которому в экосистеме не было; появились новые потоки веществ и энергии в донной подсистеме и между прибрежной и глубинной зонами озера; в подсистеме управления природно-технической системой водоема-охладителя ТЭЦ-1 появилась возможность использования нового индикатора состояния донной подсистемы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по Программе фундаментальных научных исследований Сибирского отделения Российской академии наук «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов» (№ госрегистрации 121032200070-2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базарова Б. Б., Горлачёва Е. П., Матафонов П. В. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) / Российский Журнал Биологических Инвазий. 2012. № 3. С. 20–27.
2. Барков Д. В., Курашов Е. А. Особенности экологии и биологии байкальской эндемичной амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) в Ладожском озере / Литоральная зона Ладожского озера. 2011. С. 294–328.
3. Березина Н. А. Причины, особенности и последствия распространения чужеродных видов амфипод в водных экосистемах Европы // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: КМК, 2004. С. 254–268.
4. Березина Н. А., Голубков С. М., Максимов А. А. Опыт использования нового биоиндикатора (*Gmelinoides fasciatus*) для оценки состояния донных местообитаний в Финском заливе // Вода: химия и экология. 2016. №4. С. 40–47.
5. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М.: КМК, 2004. С. 436.
6. Еникеев Ф. И. Происхождение и эволюция озер Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2021. С. 132.
7. Клишко О. К. Зообентос / Экология городского водоема. Новосибирск: Наука, 1998. С. 145–170.
8. Курашов Е. А., Барков Д. В., Русанов А. Г., Барбашова М. А. Роль *G. fasciatus* в формировании трансграничного потока вещества и энергии в литоральной зоне Ладожского озера / Литоральная зона Ладожского озера СПб: Нестор-История, 2011. С. 350–356.
9. Курашов Е. А., Барбашова М. А., Барков Д. В., Дудакова Д. С., Кудерский Л. А., Русанов А. Г. Общая характеристика состава чужеродных видов в литоральной зоне Ладожского озера / Литоральная зона Ладожского озера СПб: Нестор-История, 2011. С. 279–284.
10. Максимов А. А. Межгодовая и многолетняя динамика макрозообентоса на примере вершины Финского залива. СПб: Нестор-История, 2018. С. 260.
11. Матафонов Д. В., Итигулова М. Ц., Камалтынов Р. М. Особенности экспансии *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) водоемом Восточного Забайкалья (на примере озера Арахлей) // Сибирский экологический журнал. 2006. № 5. С. 595–601.
12. Матафонов П. В. Жизненный цикл бокоплавов *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и *Gammarus lacustris* (Sars, 1863) в озере Арахлей в экстремально маловодную фазу гидрологического цикла // Амурский зоологический журнал. 2020. № 1. С. 16–25 <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2020-12-1-16-25>
13. Раковская Э. М., Давыдова М. И. Физическая география России: Учеб. для студ. пед. высш. учеб. Заведений. М.: Гуманит. изд. центр Владос. 2001. Ч. 2. С. 304.
14. Суздалева А. Л., Безносков В. Н., Горюнова С. В. Биологические инвазии в природно-технических системах // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 3. С. 34–39.
15. Цыбекмитова Г. Ц., Куклин А. П., Ташлыкова Н. А., Афонина Е. Ю., Базарова Б. Б., Итигулова М. Ц., Горлачева Е. П., Матафонов П. В., Афонин А. В. Экологическое состояние озера

Кенон — водоема-охладителя ТЭЦ-1 (Забайкальский край) // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2017. № 3. С. 194–209.

16. Чечель, Цыганок, 1998 Физико-географические условия и уровенный режим озера Кенон / Экология городского водоема. Новосибирск: Издательство СО РАН, 1998. С. 5–13.

17. Шишкин Б.А. Об основных закономерностях межгодовых изменений режима Ивано-Арахлейских озер // Биологическая продуктивность Ивано-Арахлейских озёр 1972. С. 151–162.

18. Шойдоксов А. Б., Матафонов П. В. Геоэкологические условия донной подсистемы озера Кенон // Геология, география и глобальная энергия. 2023. № 4. С. 103–107.

https://doi.org/10.54398/20776322_2023_4_103

19. Yanygina L. Spatial distribution of *Gmelinoides fasciatus* Steb. in thermally polluted water (Belovo Reservoir, Southwest Siberia) // International Journal of Environmental Research. 2015. №3. С. 877–884. <https://doi.org/10.22059/ijer.2015.974>

Geoecological functions of the Baikal endemic amphipod *Gmelinoides fasciatus* in the bottom subsystem of the cooling reservoir of the Chita TPP-1

A. B. Shoydokov*, P. V. Matafonov**, S. V. Borzenko***

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS

*E-mail: shdkvly.sc@yandex.ru

**E-mail: benthos@yandex.ru

***E-mail: svb_64@mail.ru

Abstract — The geoecological situation in the natura-technical geoecosystems of Baikal Asia is complicated by the invasion of alien species. Information about the Baikal endemic amphipod *Gmelinoides fasciatus* that penetrated into the cooling reservoir of the Chita TPP-1 is insufficient to assess the current geoecological situation in the benthic subsystem of the cooling reservoir. The purpose of our research of the study was to identify the geoecological features and functions of *Gm. fasciatus* affecting the geoecological situation in the benthic subsystem of the Chita TPP-1 cooling reservoir. In 2022–2023 the *Gm. fasciatus* distribution, size structure of the population and elemental composition have been studied in Kenon Lake. It is established that *Gm. fasciatus* has settled the coastal zone of the lake, the size and structure of the population indicate its stability. The P content in the crude mass of *Gm. fasciatus* in the lake is 29.7 kg, Ca — 444 kg, Cu — 0.28 kg. Due to the *Gm. fasciatus* invasion in Kenon Lake, in the monitoring and management system of the cooling reservoir, it is now possible to use a new indicator of the state of the bottom subsystem. Invasion of the amphipod *Gm. fasciatus* entailed a change in the geoecological situation in the cooling reservoir of Chita TPP-1 — Kenon Lake.

Keywords: Baikal Asia, cooling reservoir, natura-technical system, geoecological situation, alien species, *Gmelinoides fasciatus*, Lake Kenon

REFERENCES

1. Bazarova B. B., Gorlachjova E. P., Matafonov P. V. Vidy-vselency ozera Kenon (Zabajkal'skij kraj) / Rossijskij Zhurnal Biologicheskikh Invazij. 2012. № 3. S. 20–27.
2. Barkov D. V., Kurashov E. A. Osobennosti gjekologii i biologii bajkal'skoj jendemichnoj amfipody *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) v Ladozhskom ozere / Litoral'naja zona Ladozhskogo ozera. 2011. S. 294–328.
3. Berezina N. A. Prichiny, osobennosti i posledstvija rasprostraneniya chuzherodnyh vidov amfipod v vodnyh jekosistemah Evropy // Biologicheskie invazii v vodnyh i nazemnyh jekosistemah. M.: KMK, 2004. S. 254–268.

4. Berezina N.A., Golubkov S.M., Maksimov A.A. Opyt ispol'zovaniya novogo bioindikatora (*Gmelinoides fasciatus*) dlja ocenki sostojaniya donnyh mestoobitanij v Finskom zalive // Voda: himija i jekologija. 2016. № 4. S. 40–47.
5. Biologicheskie invazii v vodnyh i nazemnyh jekosistemah. M.: KMK, 2004. S. 436.
6. Enikeev F.I. Proishozhdenie i jevoljucija ozer Zabajkal'ja. Novosibirsk: Nauka, 2021. S. 132.
7. Klishko O.K. Zoobentos / Jekologija gorodskogo vodoema. Novosibirsk: Nauka, 1998. S. 145–170.
8. Kurashov E.A., Barkov D.V., Rusanov A.G., Barbashova M.A. Rol' *G. fasciatus* v formirovanii transgranichnogo potoka veshhestva i jenerгии v litoral'noj zone Ladozhskogo ozera / Litoral'naja zona Ladozhskogo ozera SPb: Nestor-Istorija, 2011. S. 350–356.
9. Kurashov E.A., Barbashova M.A., Barkov D.V., Dudakova D.S., Kuderskij L.A., Rusanov A.G. Obshhaja harakteristika sostava chuzherodnyh vidov v litoral'noj zone Ladozhskogo ozera / Litoral'naja zona Ladozhskogo ozera SPb: Nestor-Istorija, 2011. S. 279–284.
10. Maksimov A.A. Mezhhodovaja i mnogoletnjaja dinamika makrozoobentosa na primere vershiny Finskogo zaliva. SPb: Nestor-Istorija, 2018. S. 260.
11. Matafonov D.V., Itigilova M.C., Kamaltynov R.M. Osobennosti jekspansii *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) vodoemov Vostochnogo Zabajkal'ja (na primere ozera Arahlej) // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2006. № 5. S. 595–601.
12. Matafonov P.V. Zhiznennyj cikl bokoplavov *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) i *Gammarus lacustris* (Sars, 1863) v ozere Arahlej v jekstremal'no malovodnuju fazu gidrologicheskogo cikla // Amurskij zoologicheskij zhurnal. 2020. № 1. S. 16–25
<https://doi.org/10.33910/2686-9519-2020-12-1-16-25>
13. Rakovskaja Je.M., Davydova M.I. Fizicheskaja geografija Rossii: Ucheb. dlja stud. ped. vyssh. uceb. Zavedenij. M.: Gumanit. izd. centr VLADOS. 2001. Ch. 2. S. 304.
14. Suzdaleva A.L., Beznosov V.N., Gorjunova S.V. Biologicheskie invazii v prirodno-tehnicheskijh sistemah // Vestnik RUDN, serija Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2015. № 3. S. 34–39.
15. Cybekmitova G.C., Kuklin A.P., Tashlykova N.A., Afonina E.Ju., Bazarova B.B., Itigilova M.C., Gorlacheva E.P., Matafonov P.V., Afonin A.V. Jekologicheskoe sostojanie ozera Kenon – vodojoma-ohladitelja TJeC-1 (Zabajkal'skij kraj) // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2017. № 3. S. 194–209.
16. Chechel', Cyganok, 1998 Fiziko-geograficheskie uslovija i urovnennyj rezhim ozera Kenon / Jekologija gorodskogo vodojoma. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 1998. S. 5–13.
17. Shishkin B.A. Ob osnovnyh zakonornostjah mezhhodovyh izmenenij rezhima Ivano-Arahlejskijh ozer // Biologicheskaja produktivnost' Ivano-Arahlejskijh ozor 1972. S. 151–162
18. Shojdokov A.B., Matafonov P.V. Geojekologicheskie uslovija donnoj podsistemy ozera Kenon // Geologija, geografija i global'naja jenerгиja. 2023. № 4. S. 103–107.
https://doi.org/10.54398/20776322_2023_4_103
19. Yanygina L. Spatial distribution of *Gmelinoides fasciatus* Steb. in thermally polluted water (Belovo Reservoir, Southwest Siberia) // International Journal of Environmental Research № 3. 2015. S. 877–884. <https://doi.org/10.22059/ijer.2015.974>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шойдоков Александр Булатович, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория водных экосистем, аспирант, исполняющий обязанности младшего научного сотрудника. shdkvly.sc@yandex.ru, +7-996-314-95-45.

Shoydokov Alexander Bulatovich, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Aquatic Ecosystems, postgraduate student, acting junior researcher, shdkvly.sc@yandex.ru, +7-996-314-95-45.

Матафонов Петр Викторович, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория водных экосистем, кандидат биологических наук, научный сотрудник, benthos@yandex.ru.

Matafonov Petr Viktorovich, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Aquatic Ecosystems, Candidate of Biological Sciences, Researcher. benthos@yandex.ru.

Борзенко Светлана Владимировна, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория геоэкологии и гидрогеохимии, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, svb_64@mail.ru.

Borzenko Svetlana Vladimirovna, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Geoecology and Hydrogeochemistry, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, svb_64@mail.ru.