

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 574.587
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-4-345-352>

Поступила в редакцию 24.01.2023
Received 24.01.2023

И. И. Лапука³

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, Республика Беларусь

ТРОФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЛУКОМЛЬСКОЙ ГРЭС

Аннотация. Изучена трофическая структура донного населения подогреваемой и неподогреваемой зон оз. Лукомльское. В выделенных основных трофических группах наибольшая удельная численность была у собирателей, активных фильтраторов и хищников. В сравнении с контрольной зоной в подогреваемой наблюдалось увеличение доли собирателей и измельчителей, уменьшение – активных фильтраторов.

Ключевые слова: зообентос, трофическая структура, Лукомльская ГРЭС, подогреваемая зона, неподогреваемая зона

Для цитирования: Лапука, И. И. Трофическая структура зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2023. – Т. 68, № 4. – С. 345–352. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-4-345-352>

И́я I. Lapuka

Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources, Minsk, Republic of Belarus

TROPHIC STRUCTURE OF THE ZOOBENTHOS IN THE WATER-COOLING POOL OF LUKOMLSKAYA GRES

Abstract. In this work we was studied the trophic structure of the zoobenthos of Lake Lukomlskoye. Five trophic structures have been recorded in the lake: collectors, predators, active filter feeders, scrapers and shredders. Collectors, predators and active filter feeders had the highest specific abundance. A decrease in the proportion of active filter feeders and an increase in collectors in the heated zone was established.

Keywords: zoobenthos, trophic structure, Lukomlskaya GRES, hated zone, non-hated zone

For citation: Lapuka I. I. Trophic structure of the zoobenthos in the water-cooling pool of Lukomlskaya GRES. *Vesti Natsyunal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2023, vol. 68, no. 4, pp. 345–352 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2023-68-4-345-352>

Введение. Трофическая структура – одна из важнейших составляющих общей структуры сообщества зообентоса, показывающая уровень продуцирования. Соотношение разных компонентов пищевого потока отображается в трофической структуре донного населения, которую целесообразно представлять в виде долевого участия различных функциональных групп в трансформации органических веществ [1].

Сообщество макрозообентоса включает множество трофических групп, потребляющих различные пищевые ресурсы. В зависимости от типа питания видов, а также от взаимоотношений между отдельными группами формируется трофическая структура. Нарушения или изменения трофической структуры происходят по многим причинам: рост или снижение уровня трофии водоема, вселение новых видов, изменение основных экологических условий и т. д. Так, известно, что повышение температуры воды в водоемах-охладителях увеличивает доступность питательных веществ и приводит к неконтролируемому росту водорослей, а также уменьшает количество хищников [2–4]. Из-за потепления климата в экосистемах происходит вытеснение холодолюбивых стенобионтных видов теплолюбивыми, эврибионтными [4, 5] и даже чужеродными видами и формами [4, 6, 7], которые полностью изменяют трофическую структуру водоема.

Исследования, которые проводились ранее в оз. Лукомльском [8, 9], затрагивали только влияние подогрева на таксономический состав и количественные показатели (численность, биомасса) зообентоса, не касаясь трофических компонентов и теплового воздействия на них.

Цель работы – установить особенности трофической структуры водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС в подогреваемой и непогрееваемой зонах.

Материалы и методы исследования. Оз. Лукомльское находится в Чашницком районе, в бассейне р. Улла, у западной окраины г. Новолукомль. Площадь озера 36,7 км², длина 10,4 км, максимальная ширина 6,5 км, наибольшая глубина 11,5 м. Дно до глубины 5–6 м выстлано песчаными отложениями, глубже – сапропелем [10].

Пробы зообентоса были отобраны на 5 станциях разной глубины (0,5; 1,5; 3,0; 6,0 и 8,0 м) у сброса подогретых вод и по этим же глубинам вне подогреваемой зоны в летне-осенний период 2019 г. В литоральной зоне отбор проб производили протягиванием гидробиологического сачка, на остальных глубинах – дночерпателем Боруцкого (площадь захвата 0,0225 м²) в трехкратной повторности. Отделение животных от грунта осуществляли в сачке-промывалке из мельничного сита с диаметром ячеек 300 мкм.

Учет и измерение животных производили под бинокулярным микроскопом МБС-10 при 56-кратном увеличении. Детали морфологии уточняли с помощью микроскопа Jenaval при 250-кратном увеличении. Для определения животных использовали различные определители [11–16].

Измерение температуры воды и содержания кислорода проведены термооксиметром Hanna HI 9143. Результаты измерений представлены в нашей предыдущей работе [17].

Для разделения видов на трофические группы использовали классификацию О. Моог с соавт. [18], которая положена в основу программы Asterix 4.04, позволяющей рассчитывать удельные величины численности трофических групп в общей численности макрозообентоса, а также данные по типу питания, изложенные в монографии А. В. Монакова [19]. При оценке трофической структуры использовали относительные значения численности трофических групп в общей численности макрозообентоса. Для некоторых видов макрозообентоса принадлежность к трофической группе из-за отсутствия данных по питанию не определена.

Результаты и их обсуждение. В трофической структуре оз. Лукомльское установлено 5 трофических групп. Максимальные значения средней удельной численности по всему водоему во все сезоны было у собирателей (54 %), затем следовали активные фильтраторы (29 %), хищники (11 %), соскребаты (5 %) и измельчители (1 %).

Трофическая группа собирателей в оз. Лукомльское состояла из хирономид и зависела от развития таких видов, как *Chironomus f. l. plumosus* (Meigen, 1830), *Polypedilum nubeculosum* (Meigen, 1804), *Dicrotendipes nervosus* (Staeger, 1839). Активные фильтраторы представлены двусторчатым моллюском *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Основной вклад в группу хищников оз. Лукомльское вносят представители хищного рода личинок хирономид *Procladius sp.*

В пространственном распределении от прибрежья до границы подводной растительности (3 м) отмечается увеличение количества трофических групп и максимальных значений абсолютной численности. Далее эти показатели снижаются, а в профундальной зоне обнаруживаются только представители собирателей и хищников (рис. 1).

В подогреваемой зоне оз. Лукомльское, как и в среднем по всему озеру, доминируют собиратели (69 %), активные фильтраторы (13 %) и хищники (11 %) (рис. 2).

Высокий процент собирателей по отношению к остальным группам объясняется развитием комплекса эврибионтных видов отряда Diptera (*Chironomus f. l. plumosus*, *Polypedilum nubeculosum*), для которых подогрев не является лимитирующим фактором. Пониженная доля активных фильтраторов в подогреваемой зоне связана с тем, что из-за течения дрейссены не может закрепиться на субстрате. Хищники, как и собиратели, представлены в основном отрядом Diptera (*Procladius sp.*, *Cryptochironomus obreptans* (Walker, 1856)).

В пространственном распределении максимальные значения численности трофических групп, кроме хищников, в подогреваемой зоне, как и в среднем по озеру, относятся к глубине 3 м (рис. 3).

В непогрееваемой зоне оз. Лукомльское, как и в среднем по всему озеру, доминируют собиратели (45 %), активные фильтраторы (38 %) и хищники (11 %) (рис. 4).

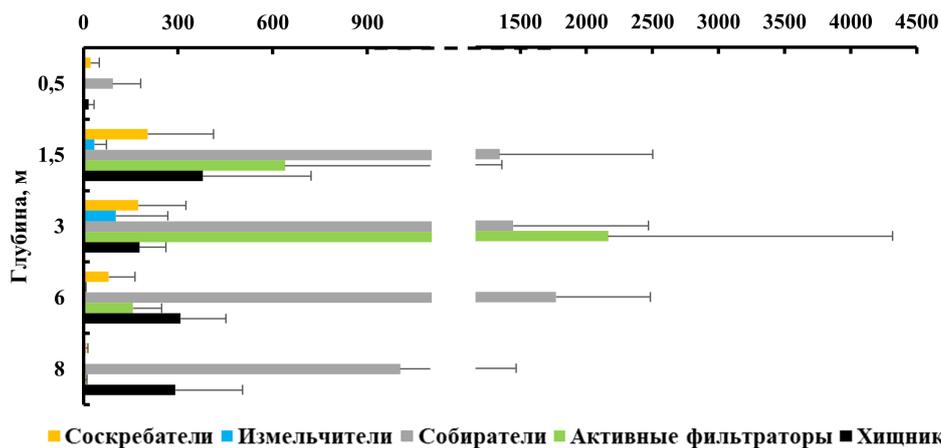


Рис. 1. Пространственное распределение численности трофических групп в оз. Лукомльское
 Fig. 1. Spatial distribution of the number of trophic groups in the Lake Lukomlskoye

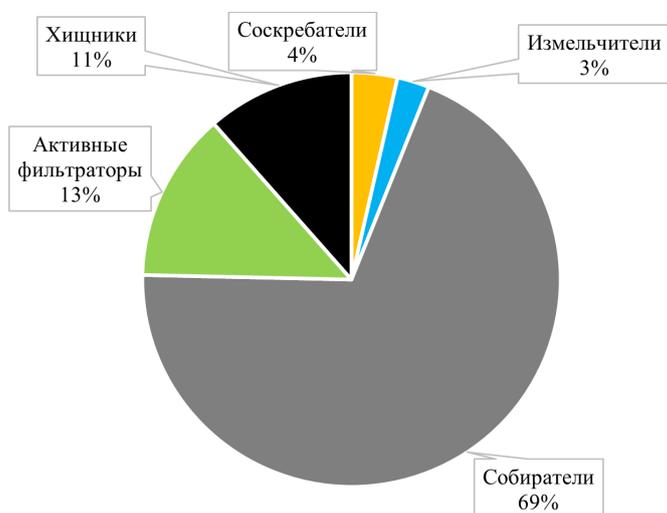


Рис. 2. Удельное распределение численности трофических групп в подогреваемой зоне оз. Лукомльское
 Fig. 2. Specific distribution of the number of trophic groups in the heated zone of the Lake Lukomlskoye

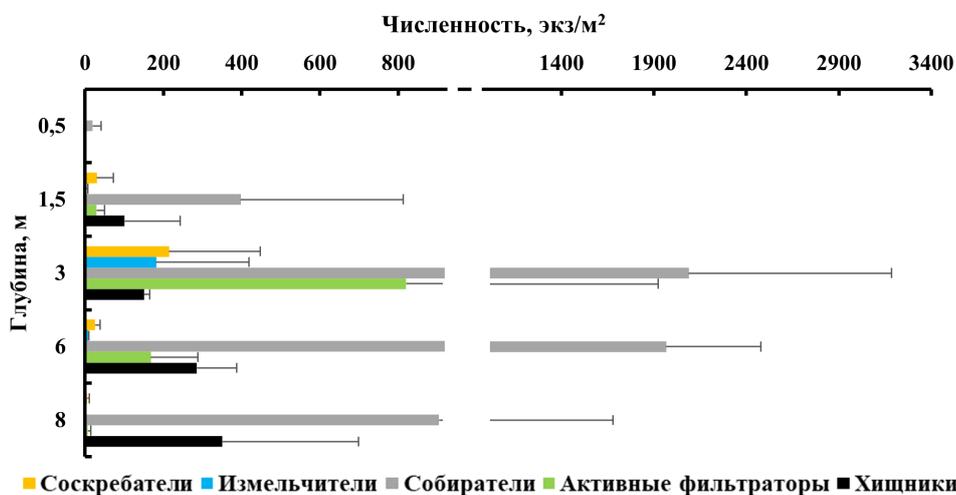


Рис. 3. Пространственное распределение численности трофических групп в подогреваемой зоне оз. Лукомльское
 Fig. 3. Spatial distribution of the number of trophic groups in the heated zone of the Lake Lukomlskoye

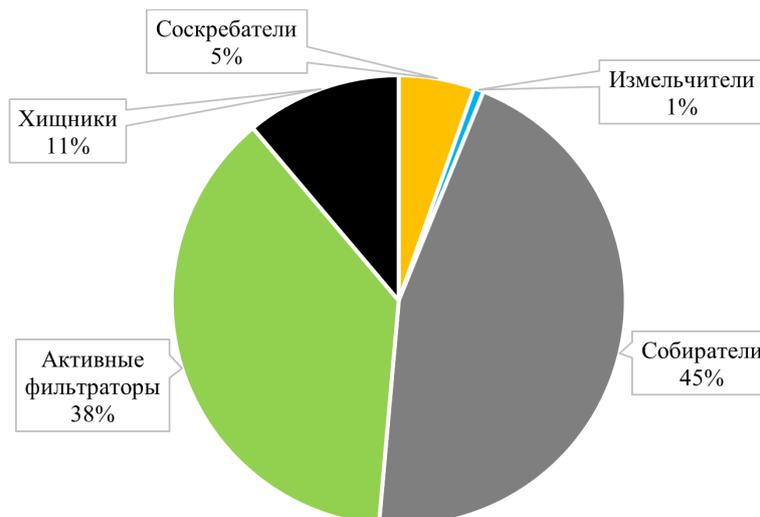


Рис. 4. Удельное распределение численности трофических групп в непогреваемой зоне оз. Лукомльское

Fig. 4. Specific distribution of the number of trophic groups in the unheated zone of the Lake Lukomlskoye

В непогреваемой зоне происходит снижение удельной численности собирателей и увеличение доли активных фильтраторов. Связано это с развитием дрейссены не только на глубине 3 м, как в подогреваемой зоне, но и на глубине 1,5 м.

Хотя относительная численность собирателей ниже средней по озеру и в подогреваемой зоне, состав этой группы более разнообразен – в него входит большее количества таксонов, чем в подогреваемой зоне (*Chironomus f. l. plumosus*, *Polypedilum nubeculosum*, *Microtendipes pedellus* (De Geer, 1776), *Dicrotendipes nervosus*). Хищники представлены в основном одним таксоном – *Procladius sp.*

В пространственном распределении максимальные значения численности в непогреваемой зоне, как и в среднем по озеру, относятся к глубине 3 м, кроме хищников и собирателей, максимальное количество которых отмечалось на глубине 1,5 м (рис. 5).

В целом, независимо от зоны озера, в водоеме-охладителе Лукомльской ГРЭС доминирующей группой являются собиратели. На преобладание этой трофической группы в зообентосе озер указывают ряд исследователей [20–23].

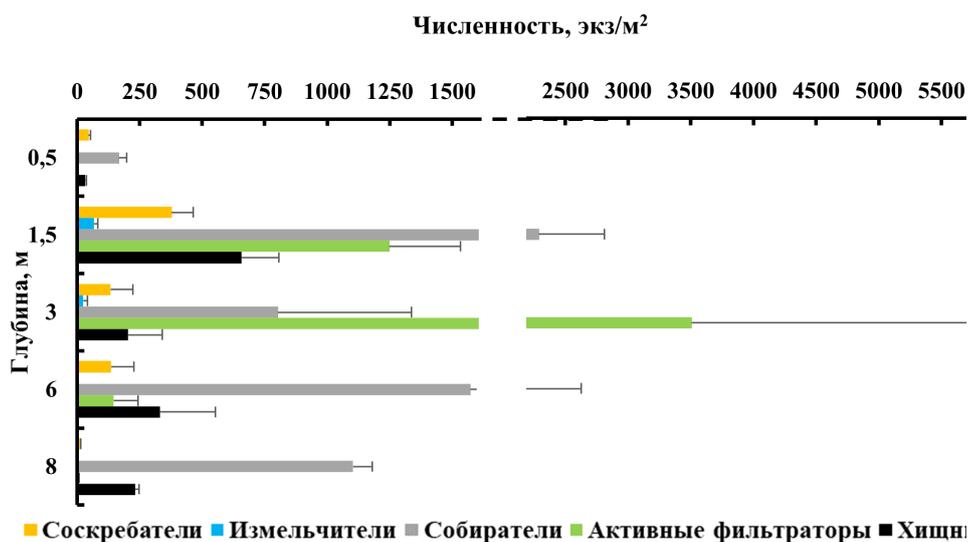


Рис. 5. Пространственное распределение численности трофических групп в непогреваемой зоне оз. Лукомльское

Fig. 5. Spatial distribution of the number of trophic groups in the unheated zone of the Lake Lukomlskoye

Оценка влияния подогрева на трофическую структуру, согласно литературным данным, не однозначна. Так, при исследованиях Беловского водохранилища (Беловская ГРЭС) отмечено упрощение трофической структуры зообентоса: обнаружена общая тенденция вытеснения из бентоса хищников (*Procladius ferrugineus* Kieffer, 1918, *Cryptochironomus gr. defectus*, Kieffer, 1913) и фильтраторов (р. *Pisidium*) эври- и детритофагами, способными поглощать грубую пищу (*Gammarus fasciatus* Say, 1818; роды *Lymnaea*, *Glyptotendipes glaucus* (Meigen, 1818)) [24]. Исследования водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС, проведенные А. Ю. Каратаевым ранее, также показали, что в зонах с искусственным подогревом происходит снижение доминирования рода *Pisidium*, виды которого относятся в основном к активным фильтраторам, и увеличение доминирования олигохет, относящихся к собирателям [9].

Изучение трофической структуры Рыбинского водохранилища при влиянии аномально высокой температуры воды на макрозообентос показало, что хищники исчезли и уменьшилось количество моллюсков-фильтраторов (роды *Pisidium* и *Dreissena*) [4].

При исследовании водоема-охладителя Новомичуринской ГРЭС также отмечено, что хищники наиболее чувствительны к органическому и тепловому загрязнению, а наименее чувствительны к действию обоих факторов собиратели, которые занимают промежуточное положение, составляя максимальную долю при умеренном воздействии факторов [25].

Снижение доли хищников при эвтрофикации и термической нагрузке, по-видимому, общая специфическая реакция донного сообщества на изменение условий обитания [22]. Однако анализ показал, что в нашем конкретном случае подогрев не влияет на изменение относительной численности хищников (она находится на уровне 11 %), что подтверждает выдвинутое ранее нами предположение о том, что «влияние подогрева в подогреваемой зоне распространяется только до глубины 2 м» [17]. Несмотря на то что общая доля хищников, независимо от зоны, остается неизменной, в пространственном распределении происходит увеличение численности хищных форм от сублиторальной зоны до дна в подогреваемой зоне, в непогреваемой – наоборот. Такое распределение хищников обусловлено тем, что в сублиторали (1,5 м) непогреваемой зоны, в отличие от подогреваемой, происходит развитие представителей класса Hirudinea (*Glossiphonia complanata* (Linnaeus, 1758)). С увеличением глубины в обеих зонах трофическая группа хищников зависит только от развития представителей отряда Diptera. В подогреваемой зоне постепенное увеличение численности хищников (от сублиторали до дна) зависело от плотности различных таксонов на определенной глубине: 1,5–3 м – *Cryptochironomus obreptans* (Walker, 1856), 6 м – *Procladius sp.*, 8 м – *Chaoborus sp.* Такое распределение хищников подтверждает сделанный нами ранее вывод о том, что температурное влияние распространяется до глубины 2 м, где и происходит небольшое угнетение развития хищных форм.

Увеличение удельной доли собирателей в подогреваемой зоне обусловлено высокой численностью олигохет в сублиторальной зоне. Так как видовой состав олигохет нами не определялся, на основании результатов исследований А. Ю. Каратаева можно предположить, что высокая их численность в сублиторальной зоне зависит от развития двух видов – *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Bothrioneurum vej dovskyanum* [9], которые являются собирателями.

В нашем исследовании непосредственного влияния высокой температуры на активных фильтраторов не отмечено, но установлено снижение их численности в акватории воздействия течения сбросных вод [17].

Согласно литературным данным, роль измельчителей увеличивается в зоне подогрева [22], что подтверждают и результаты нашей работы. Связано это с благоприятными условиями в подогреваемой зоне для развития водных мхов и высших растений, которые являются пищевыми субстратами для этой трофической группы.

Заключение. Таким образом, в оз. Лукомльское зафиксировано 5 трофических групп, сформированных в основном собирателями, активными фильтраторами и хищниками. В подогреваемой зоне за счет сброса вод происходит смыв верхнего питательного слоя грунта до глубины 2 м, что сказывается на развитии всех трофических групп, кроме собирателей. На влияние подогрева в исследованном озере указывает увеличение удельной численности измельчителей. Различие в трофической структуре подогреваемой и непогреваемой зон зависит еще и от угнетения раз-

вития активных фильтраторов, что ведет к увеличению доли собирателей в зоне подогрева. Результаты полученной работы можно использовать для прогнозирования изменения трофической структуры макрозообентоса озер при потеплении климата.

Благодарности. Работа выполнена с поддержкой грантов БРФФИ № Б23М-052 и № Б21АРМ-006.

Acknowledgements. The work was supported by BRFFR grants No. B23M-052 and No. B21ARM-006.

Список использованных источников

1. Беляков, В. П. Изменения продукционных характеристик и трофической структуры зообентоса озера Красного в зависимости от природных и антропогенных факторов / В. П. Беляков, А. И. Бажора // Рос. журн. прикл. экологии. – 2018. – № 4 (16). – С. 11–15.
2. Cazzolla Gatti, R. Freshwater biodiversity: a review of local and global threats / G. R. Cazzolla // Int. J. Environ. Stud. – 2016. – Vol. 73, N 6. – P. 887–904. <https://doi.org/10.1080/00207233.2016.1204133>
3. Ecosystem responses to climate change in a large on-river reservoir, Lake Paldang, Korea / Н.-К. Park [et al.] // Climate Change. – 2013. – Vol. 120, N 1. – P. 477–489. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0801-9>
4. Перова, С. Н. Изменения структуры макрозообентоса Рыбинского водохранилища в условиях повышения температуры / С. Н. Перова // Биология внутр. вод. – 2019. – Т. 2, № 4. – С. 44–54.
5. Downing, J. A. Productivity of freshwater ecosystems and climate change / J. A. Downing // Global Environmental Change. Handbook of Global Environmental Pollution / ed. B. Freedman. – Dordrecht, 2014. – Vol. 1. – P. 221–229. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_127
6. Kernan, M. Climate change and the impact of invasive species on aquatic ecosystems / M. Kernan // Aquat. Ecosyst. Health Manag. – 2015. – Vol. 18, N 3. – P. 321–333. <https://doi.org/10.1080/14634988.2015.1027636>
7. Mosello, R. Climate change and related effects on water quality: examples from Lake Maggiore (Italy) / R. Mosello, A. Lami // Glob. Bioethics. – 2011. – Vol. 24, N 1–4. – P. 95–98. <https://doi.org/10.1080/11287462.2011.10800706>
8. Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / П. А. Митрахович и [др.]. – Минск : Право и экономика, 2008. – 144 с.
9. Каратаев, А. Ю. Экология макробеспозвоночных водоемов-охладителей Белоруссии / А. Ю. Каратаев. – Минск, 1988. – 178 с. – Деп. В ВИНТИ 14.12.1988. – № 8758.
10. Блакітная кніга Беларусі (Водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / пад рэд. Н. А. Дзісько [і інш.]. – Мінск : Беларус. Энцыкл., 1994. – 415 с.
11. Качалова, О. Л. Отряд ручейники Trichoptera / О. Л. Качалова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / отв. ред. : Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л., 1977. – С. 477–510.
12. Лукин, Е. И. Класс пиявки Hirudinea / Е. И. Лукин, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / отв. ред. : Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л., 1977. – С. 201–212.
13. Попова, А. Н. Отряд стрекозы Odonata / А. Н. Попова, Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / отв. ред. : Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л., 1977. – С. 266–287.
14. Макаrenchенко, Е. А. Семейство комары звонцы Chironomidae / Е. А. Макаrenchенко // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалохина. – СПб., 1999. – Т. 4 : Высшие насекомые. Двукрылые. – С. 210–296.
15. Богатов, В. В. Класс Двустворчатые моллюски / В. В. Богатов, П. В. Кияшко // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалохина. – М. ; СПб., 2016. – Т. 2 : Зообентос. – С. 285–335.
16. Кияшко, П. В. Класс Брюхоногие моллюски / П. В. Кияшко, Е. В. Солдатенко, М. В. Винарский // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалохина. – М. ; СПб., 2016. – Т. 2 : Зообентос. – С. 335–439.
17. Лапука, И. И. Влияние подогрева воды на количественные показатели зообентоса водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / И. И. Лапука, В. В. Вежновец // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021 – Т. 66, № 4. – С. 462–474.
18. Moog O. *Fauna Aquatica Austriaca*, 2nd ed. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. – Vienna, 2002. – 93 p.
19. Монаков, А. В. Питание пресноводных беспозвоночных / А. В. Монаков ; Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. – М. : Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, 1998. – 320 с.
20. Батурина, М. А. Структура и распределение зообентоса озер Харбейской системы: современное состояние и анализ ретроспективных данных / М. А. Батурина, О. А. Лоскутова, Е. Б. Фефилова // XI съезд Гидробиологического общества при Российской академии наук (Красноярск, 22–26 сентября 2014 года) : тез. докл. / гл. ред. М. И. Гладышев ; Сибир. федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – С. 25–26.
21. Курашов, Е. А. Мейобентос как компонент озерной экосистемы / Е. А. Курашов ; Ин-т озераведения РАН. – СПб. : Алга-Фонд Ассоциации «Алга», 1994. – 224 с.
22. Яковлев, В. А. Трофическая структура зообентоса – показатель состояния водных экосистем и качества воды / В. А. Яковлев // Вод. ресурсы. – 2000. – Т. 27, № 2. – С. 237–244.

23. Яковлев, В. А. Пресноводный зообентос северной Фенноскандии (разнообразие, структура и антропогенная динамика) : в 2 ч. / В. А. Яковлев ; Рос. акад. наук, Кол. науч. центр, Ин-т проблем пром. экологии Севера, М-во образования и науки Рос. Федерации, Казан. гос. ун-т. – Апатиты : Изд. Кол. науч. центра РАН, 2005. – Ч. 1. – 161 с. – Ч. 2. – 145 с.

24. Яныгина, Л. В. Экология сообществ донных беспозвоночных в водоемах-охладителях тепловых электростанций Сибири / Л. В. Яныгина // Вод. ресурсы. – 2011. – Т. 38, № 5. – С. 618–630.

25. Шуйский, В. Ф. Влияние теплового и органического загрязнения на структуру макробиоценозов водоема-охладителя Новомичуринской ГРЭС / В. Ф. Шуйский, С. В. Чистякова, Н. В. Устюжанина // Влияние рыбного интенсивного хозяйства различных типов на экосистему водоемов-охладителей : сб. науч. тр. / под ред. Г. М. Лаврентьевой ; Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. – Л., 1990. – Вып. 309. – С. 56–65.

References

1. Belyakov V. P., Bazhora V. P. *Changes in production characteristics and trophic structure of zoobenthos of the lake Krasnoe depending on natural and anthropogenic factors. Rossiiskii zhurnal prikladnoi ekologii* [Russian journal of applied ecology], 2018, no. 4 (16), pp. 11–15 (in Russian).

2. Cazzolla Gatti R. Freshwater biodiversity: a review of local and global threats. *International Journal of Environmental Studies*, 2016, vol. 73, no. 6, pp. 887–904. <https://doi.org/10.1080/00207233.2016.1204133>

3. Park H.-K., Cho K.-H., Won D., Lee H. J., Kong D.-S., Jung D.-I. Ecosystem responses to climate change in a large on-river reservoir, Lake Paldang, Korea. *Climate Change*, 2013, vol. 120, no. 1, pp. 477–489. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0801-9>

4. Perova S. N. Changes in the structure of macrozoobenthos in the Rybinsk reservoir under conditions of rising temperature. *Biologiya vnutrennikh vod* [Inland water biology], 2019, vol. 2, no. 4, pp. 44–54 (in Russian).

5. Downing J. A. Productivity of freshwater ecosystems and climate change. *Global Environmental Change. Series Handbook of Global Environmental Pollution. Vol. 1*. Dordrecht, 2014, pp. 221–229. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5784-4_127

6. Kernan M. Climate change and the impact of invasive species on aquatic ecosystems. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 2015, vol. 18, no. 3, pp. 321–333. <https://doi.org/10.1080/14634988.2015.1027636>

7. Mosello R., Lami A. Climate change and related effects on water quality: examples from Lake Maggiore (Italy). *Global Bioethics*, 2011, vol. 24, no. 1–4, pp. 95–98. <https://doi.org/10.1080/11287462.2011.10800706>

8. Mitrakhovich P. A., Samoilenko V. M., Kartashevich Z. K., Svirid A. A., Kozlov E. A., Korolev G. N., Papko N. A. *The ecosystem of the cooling pond of Lukoml*. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2008. 144 p. (in Russian).

9. Karataev A. Y. *Ecology of macroinvertebrate cooling ponds in Belarus*. Minsk, 1988. 178 p. (in Russian).

10. Dzis'ko N. A., Kurlovich M. M., Malashevich Ya. V., Zagardni V. G., Samuel' S. P., Sachanka B. I., Khaturovich I. P., Yakushka V. P. (eds.). *The Blue Book of Belarus (water project of Belarus)*. Minsk, Belaruskaya Entsiklopedyya Publ., 1994. 415 p. (in Belarusian).

11. Kachalova O. L., Kutikova L. A., Starobogatov Ja. I. Trichoptera. *Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 477–510 (in Russian).

12. Lukin E. I., Kutikova L. A., Starobogatov Ja. I. Hirudinea. *Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 201–212 (in Russian).

13. Popova A. N., Kutikova L. A., Starobogatov Ja. I. Odonata. Trichoptera. *Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR*. Leningrad, 1977, pp. 266–287 (in Russian).

14. Makarchenko E. A. Chironomidae. *Determinant of freshwater invertebrates in Russia and neighboring territories. Vol. 4. Higher insects*. St. Petersburg, 1999, pp. 210–296 (in Russian).

15. Bogatov V. V., Kiyashko P. V. Bivalva. *Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos*. Moscow, St. Petersburg, 2016, pp. 285–335 (in Russian).

16. Kiyashko P. V., Soldatenko E. V., Vinarskii M. V. *Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2. Zoobenthos*. Moscow, St. Petersburg, 2016, pp. 335–439 (in Russian).

17. Lapuka I. I., Vezhnovets V. V. The effect of heating on the quantitative parameters of the zoobenthos of the Lukomlskaya GRES cooling reservoir. *Vesti Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 462–474 (in Russian).

18. Moog O. *Fauna Aquatica Austriaca, 2nd ed.* Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Vienna, 2002. 93 p.

19. Monakov, A. V. *Feeding of freshwater invertebrates*. Moscow, A. N. Severtsov Institute of ecology and evolution of the Russian Academy of Sciences, 1998. 320 p. (in Russian).

20. Baturina M. A., Loskutova O. A., Fefilova E. B. Structure and distribution of the zoobenthos of the lakes of the Harbey system: current state and analysis of retrospective data. *XI s'ezd Gidrobiologicheskogo obshchestva pri Rossiiskoi akademii nauk (Krasnoyarsk, 22–26 sentyabrya 2014 goda): tezisy dokladov* [XI Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, September 22–26, 2014): abstracts of reports]. Krasnoyarsk, 2014, pp. 25–26 (in Russian).

21. Kurashov E. A. Meiobenthos as a component of the lake ecosystem. St. Petersburg, Alga-Fond Assotsiatsii “Alga” Publ., 1994. 224 p. (in Russian).

22. Yakovlev V. A. Trophic structure of zoobenthos – an indicator of the state of aquatic ecosystems and water quality. *Vodnye resursy* [Water resources], 2000, vol. 27, no. 2, pp. 237–244 (in Russian).

23. Yakovlev V. A. *Freshwater zoobenthos of northern Fennoscandia (diversity, structure and anthropogenic dynamics)*. Apatity, Publishing house of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2005. Vol. 1. – 161 p. Vol. 2. – 145 p. (in Russian).

24. Yanygina L. V. *Ecology of benthic invertebrate communities in cooling reservoirs of thermal power stations in Siberia*. *Vodnye resursy* [Water resources], 2011, vol. 38, no. 5, pp. 670–681 (in Russian).

25. Shuiskii V. F., Chistyakova S. V., Ustyuzhanina N. V. Influence of thermal and organic pollution on the structure of macrobiocenoses of the Novomichurinskaya GRES cooling pond. *Vliyaniye rybnogo intensivnogo khozyaistva razlichnykh tipov na ekosistemu vodoemov-okhladitelei: sbornik nauchnykh trudov* [The influence of various types of intensive fisheries on the ecosystem of cooling ponds: a collection of scientific papers]. Leningrad, 1990, vol. 309, pp. 56–65 (in Russian).

Информация об авторе

Лапука Илья Игоревич – мл. науч. сотрудник. Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru

Information about the author

Ilya I. Lapuka – Junior Researcher. Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ilya.lapua@yandex.ru