

Научная статья
УДК 504.4.054
DOI 10.46845/1997-3071-2025-79-11-25

**Гидробиологические исследования водных экосистем, расположенных
в районах полигонов твердых коммунальных отходов**

Александра Владимировна Василискова¹✉, Сергей Валентинович Кондратенко²

^{1,2} Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹ aleksandra.minashkina@klgtu.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0001-8002-5731>

² sergej.kondratenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6870-4889>

Аннотация. Исследования водных объектов вблизи полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО), как правило, ограничиваются гидрохимическими параметрами, но так как эти параметры подвержены частой изменчивости, а негативное воздействие полигонов ТКО может происходить в течение длительного времени, необходимо применение наиболее «постоянных» показателей. Предлагается расширить перечень исследуемых параметров за счет гидробиологических, так как гидробионты являются хорошими биоиндикаторами среды, а применение различных индексов позволяет более точно определить характер и последствия загрязнения фильтрационными водами полигонов ТКО водных объектов. В статье представлены результаты качественного и количественного исследования зоопланктона и зообентоса трех водных объектов (одного фонового и двух, вероятно, подвергавшихся негативному воздействию) в рамках экологического мониторинга влияния полигона ТКО г. Калининграда на водные экосистемы. Качественный состав зоопланктона и зообентоса выявил типичных представителей для данного ареала, представляющих по большей части эвтрофные организмы. Также была проведена оценка загрязненности исследуемых водных объектов с применением метода индикаторных организмов Пантле-Букка в модификации Сладечека, являющегося достаточно простым и часто используемым. Произведенные расчеты позволили выявить состояние водных экосистем, при котором водные объекты сохраняют высокое видовое разнообразие и биомассу зоопланктона и зообентоса. Исследуемые водные объекты в соответствии с градацией можно охарактеризовать как водоемы средней степени загрязненности. Наиболее загрязненным является ближайший к полигону пруд без названия, расположенный в 400 м и представляющий по сути буферную зону между полигоном ТКО и Калининградским заливом.

Ключевые слова: полигон, твердые коммунальные отходы, загрязняющие вещества, водные экосистемы, мониторинг, зоопланктон, зообентос.

Для цитирования: Василискова А. В., Кондратенко С. В. Гидробиологические исследования водных экосистем, расположенных в районах полигонов твердых коммунальных отходов // Известия КГТУ. 2025. № 79. С. 11-25. DOI 10.46845/1997-3071-2025-79-11-25.

Original article

Hydrobiological studies of aquatic ecosystems located in areas of municipal solid waste landfills

Aleksandra V. Vasiliskova^{1✉}, Sergey V. Kondratenko²

^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹ aleksandra.minashkina@klgtu.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0001-8002-5731>

² sergej.kondratenko@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6870-4889>

Abstract. Studies of water bodies near MSW landfills are usually limited to hydrochemical parameters. However, since hydrochemical parameters are subject to frequent variability, and the negative effects of MSW landfills can occur over a long period of time, it is necessary to use the most "constant" indicators. It is proposed to expand the list of the studied parameters at the expense of hydrobiological ones, since hydrobionts are good bioindicators of the environment, and the use of various indices makes it possible to more accurately determine the nature and consequences of pollution by filtration waters of MSW landfills of water bodies. The article presents the results of a qualitative and quantitative study of zooplankton and zoobenthos from three water bodies (one background and two likely to be adversely affected) as part of the environmental monitoring of the impact of the Kaliningrad MSW landfill on aquatic ecosystems. The qualitative composition of zooplankton and zoobenthos revealed typical representatives for this area, mostly eutrophic organisms. An assessment of the contamination of the studied water bodies has also been carried out using the Pantle-Bucca method of indicator organisms modified by Sladечek, which is quite simple and often used in application. The calculations have made it possible to identify the state of aquatic ecosystems, in which water bodies retain high species diversity and biomass of zooplankton and zoobenthos. The studied water bodies, according to the gradation, can be characterized as "medium pollution". The most "polluted" is the nearest water body to the MSW landfill (a second-hand pond 400 m from the landfill), which is essentially a "buffer zone" between the MSW landfill and the Kaliningrad Bay.

Keywords: landfill, municipal solid waste, pollutants, aquatic ecosystems, monitoring, zooplankton, zoobenthos.

For citation: Vasiliskova A. V., Kondratenko S. V. Hydrobiological studies of aquatic ecosystems located in areas of municipal solid waste landfills. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2025;(79):11–25. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2025-79-11-25.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема техногенного загрязнения водных экосистем достаточно актуальна на сегодняшний день. Одними из загрязнителей являются свалки и полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) [1]. В случаях несанкционированно размещенных либо без соблюдения экологических требований свалок и полигонов возможно поступление в окружающую среду неочищенных фильтрационных вод полигона (далее – фильтрат), что может оказать негативное воздействие на окружающую природную среду [2].

Однако остается нерешенным вопрос, как оценить характер загрязнения, если произошел разлив фильтрата и, например, на протяжении длительного времени загрязняющие вещества попадали в водные экосистемы, как в случае с полигоном ТКО г. Калининграда (далее – полигон ТКО) [3].

Как правило, мониторинг полигонов ТКО ограничивается физико-химическими испытаниями по установленному программой мониторинга набору параметров самого фильтрата, подземных вод из скважин, свалочного грунта, почв вблизи территории полигона и атмосферного воздуха [4]. В случае расположения пруда-отстойника на территории полигонов ТКО также могут анализироваться пробы воды и донных отложений этих объектов.

В водных экосистемах в отдельных случаях могут исследоваться донные отложения и поверхностные воды, при этом сами обитатели экосистем (гидробионты) остаются без внимания. Мы же предлагаем расширить программу мониторинга влияния полигонов ТКО на водные экосистемы за счет гидробиологического анализа [3], так как растворенные вещества и взвеси будут влиять на видовой состав, численность и биомассу зоопланктона, а органические и неорганические осадки – на параметры зообентоса.

Качественный и количественный анализ зоопланктона и зообентоса позволяет сделать мониторинг более точным и подробным, так как гидрохимические показатели подвержены частой изменчивости [5], а гидробиологические – более стабильны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках экологического мониторинга полигона ТКО в период с 2019 по 2022 гг. был произведен отбор гидробиологических проб (зоопланктон и зообентос) в трех водных объектах вблизи полигона ТКО (рис. 1) – одном фоновом (оз. Свалка) и двух (пруд без названия и часть Калининградского залива), предположительно подвергавшихся негативному воздействию фильтратов полигона ТКО.



Рис. 1. Карта-схема расположения исследуемых водных объектов
Fig. 1. Outline map of the studied water bodies

Оз. Свалка является обводненным бывшим карьером по добыче песка и располагается почти в 1,7 км от полигона ТКО. Обводнение этого участка началось в 40-х гг. XX в., и к его концу озеро приобрело нынешний вид.

Пруд без названия появился в период 45–55-х гг. прошлого века и находится на территории бывших торфяников. Располагается в 0,4 км от полигона ТКО, часть пруда входит в санитарно-защитную зону полигона.

Исследуемый участок Калининградского залива намного старше других исследуемых водных объектов и присутствует на архивных картах конца XVIII в., сформировался в ходе природных процессов и располагается в 1 км от полигона ТКО.

Все исследуемые водные объекты являются рыбохозяйственными и часто используются в качестве объекта любительского рыболовства, а Калининградский залив, помимо любительского, – в качестве промышленного и научного рыболовства.

Сам полигон ТКО официально эксплуатировался с 60-х гг. XX в., в 2019 г. закончились работы по его рекультивации.

Отбор проб на исследуемых водных объектах проводился раз в месяц в течение всего мониторинга (2019–2022 гг.) на каждом из объектов с последующим анализом в лаборатории кафедры водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (далее – КГТУ).

Отбор гидробиологических проб производился по общепринятым методикам. Пробы зоопланктона были собраны при помощи конической планктонной сети из мельничного газа № 70, через которую процеживалось 100 л воды [6], после чего осевший зоопланктон переносили в емкости и фиксировали 4 %-ым раствором формальдегида. Пробы зообентоса отбирали скребком с длиной режущей стороны

0,24 м [7] по 3 пробы со станции и собирали в отдельные емкости. Далее емкости доставляли в лабораторию КГТУ для последующего разбора и фиксации. Камеральную обработку проб проводили в лаборатории кафедры водных биоресурсов и аквакультуры КГТУ по соответствующим пособиям [8–10]. Зоопланктон и зообентос определяли до вида, в некоторых случаях – до рода.

Оценка экологического состояния [11] водоема проведена с использованием метода индикаторных организмов Пантле-Букка в модификации Сладечека (S) по формуле:

$$S = \frac{\sum(s * h)}{\sum h}, \quad (1)$$

где h – обилие каждого вида; s – индивидуальный индекс сапробности.

Сапробность таксона s показывает, в водах какой степени загрязненности он обычно встречается. Обилие (H) оценивается как (2):

$$H = \frac{h}{\sum l}, \quad (2)$$

где h – численность экземпляра/м³; l – сумма всех экземпляров/м³.

Полученные значения применяемого индекса Пантле-Букка в модификации Сладечека сопоставлялись с градацией зон сапробности: 4.0–3.5 – полисапробная зона; 3.5–2.5 – α -мезосапробная зона; 2.5–1.5 – β -мезосапробная зона; 1.5–1.0 – олигосапробная зона; 0.5–0 – ксеносапробные воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Зоопланктон

За весь период (2019–2022 гг.) в исследуемых водных объектах были определены виды и формы зоопланктона, относящиеся к трем таксономическим группам: тип *Rotifera* (коловратки), подкласс *Copepoda* (веслоногие рачки) и надотряд *Cladocera* (ветвистоусые рачки). Таксономическая структура рассматриваемого периода не претерпевала сильных изменений во всех водных объектах.

В оз. Свалка идентифицировано 38 видов и форм зоопланктона, относящихся к трем таксономическим группам: тип *Rotifera* (коловратки) (7), подкласс *Copepoda* (веслоногие рачки) (16) и надотряд *Cladocera* (ветвистоусые рачки) (15).

В пруду без названия определено 44 вида и форм зоопланктона, относящихся к трем таксономическим группам: тип *Rotifera* (коловратки) (9), подкласс *Copepoda* (веслоногие рачки) (22) и надотряд *Cladocera* (ветвистоусые рачки) (13).

В Калининградском заливе было идентифицировано 32 вида и форм зоопланктона, относящихся к трем таксономическим группам: тип *Rotifera* (коловратки) (6), подкласс *Copepoda* (веслоногие рачки) (17) и надотряд *Cladocera* (ветвистоусые рачки) (9). Так как пробы отбирались в точке соединения Калининградского залива с канавой, расположенной между заливом и прудом без названия, и присутствовало постоянное волнение, число видов могло быть ограничено.

Разнообразие зоопланктона в исследованных водоемах изменялось от 32 до 44 видов (рис. 2).

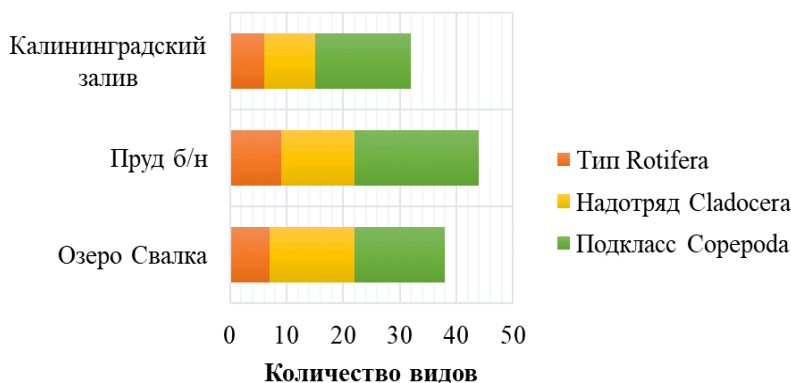


Рис. 2. Разнообразие видов зоопланктона в исследуемых водных объектах (количество видов)

Fig. 2. Diversity of zooplankton species in the studied water bodies (number of species)

В более мелком водном объекте, пруду без названия, наблюдалось максимальное разнообразие зоопланктона (44 вида). Подобная тенденция может быть связана с небольшой проточностью водоема. Во всех водоемах более широко представлен подкласс *Copepoda* (веслоногие рачки).

При большом видовом разнообразии в пруду без названия наибольшая численность была отмечена в оз. Свалка, а наименьшая – в Калининградском заливе.

Численность подкласса *Copepoda* превышала численность других таксономических групп во всех водных объектах.

Доминирующим видом во всех водных объектах являлся *Thermocyclops crassus*, который чаще других обнаруживали в пробах.

В целом во всех исследуемых водных объектах доминирующий комплекс видов был представлен преимущественно мелкими видами эвтрофных водоемов, массовое развитие которых характерно для летнего периода.

Наименьшая биомасса зоопланктона наблюдалась в оз. Свалка, максимальная – в Калининградском заливе, что связано с наличием крупных представителей подкласса *Copepoda*, имеющих большую биомассу.

Структура численности и биомассы в процентном соотношении исследуемых водных объектов представлена на рис. 3–4.

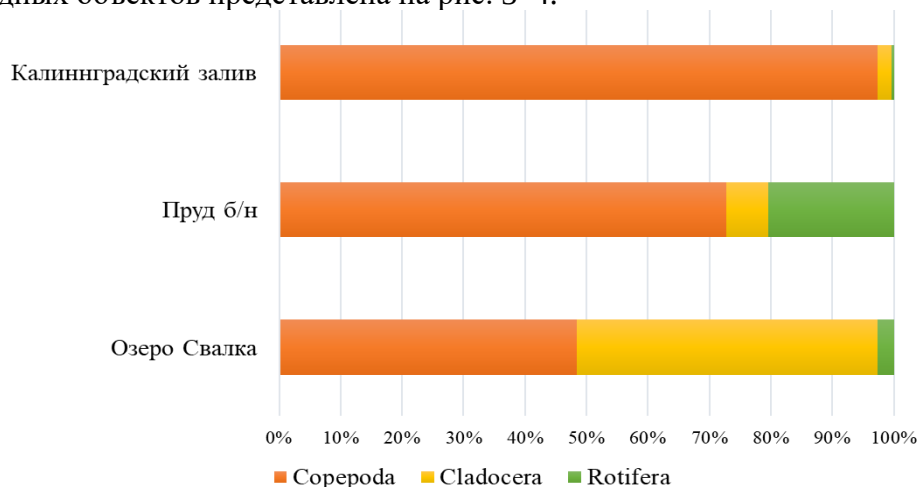


Рис. 3. Структура зоопланктонного сообщества по биомассе, %

Fig. 3. Structure of the zooplankton community by biomass, %

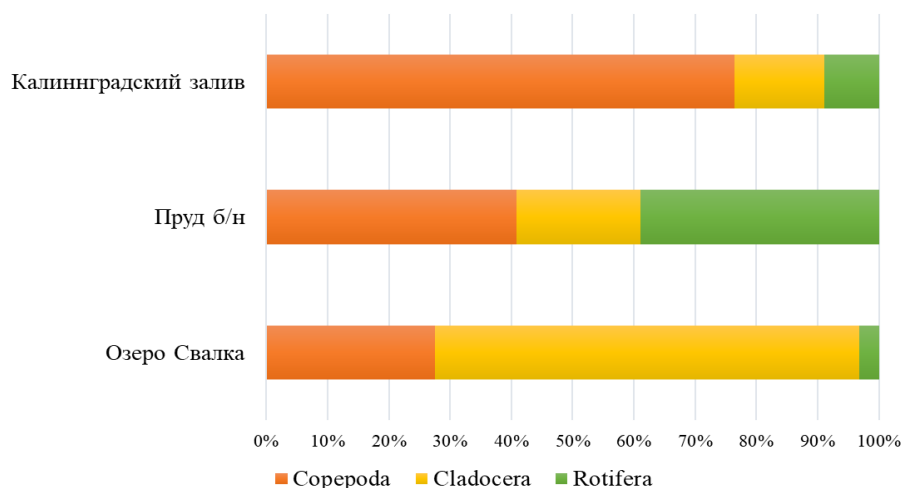


Рис. 4. Структура зоопланктонного сообщества по численности, %
Fig. 4. Structure of the zooplankton community by number, %

Распределение зоопланктона в процентном соотношении было различным. Так, например, в оз. Свалка по биомассе подкласс *Copepoda* и надотряд *Cladocera* отмечались примерно в равном соотношении, процент типа *Rotifera* относительно двух других групп был очень мал. Почти такая же структура зафиксирована и по численности, но процент надотряда *Cladocera* был выше.

В пруду без названия по биомассе наибольший процент занимал подкласс *Copepoda*, при этом по численности подкласс *Copepoda* и тип *Rotifera* находились примерно в равных количествах. Наименьшую численность и биомассу в пруду без названия составлял надотряд *Cladocera*.

В Калининградском заливе наибольшей процент в соотношении занимал подкласс *Copepoda* и по численности, и по биомассе, остальные группы составляли меньший процент от общего числа и биомассы.

Значения индекса сапробности Пантле-Букка для зоопланктона во всех исследуемых водоемах изменялись в диапазоне 1,24–2,25.

В оз. Свалка среднее значение индекса сапробности Пантле-Букка составляло 1,65, в пруду – 1,59, в Калининградском заливе – 1,63.

Зообентос

За весь период (2019–2022 гг.) в исследуемых водных объектах были определены виды и формы зообентоса, относящиеся к 12 систематическим группам: тип *Mollusca*, подкласс *Oligochaeta*, подкласс *Hirudinea*, класс *Crustacea*, семейство *Chironomidae*, отряд *Ephemeroptera*, отряд *Odonata*, отряд *Trichoptera*, отряд *Diptera*, отряд *Hemiptera*, подотряд *Heteroptera* и условная группа «прочие».

В оз. Свалка было идентифицировано 89 видов из 12 систематических групп: тип *Mollusca* (17), подкласс *Oligochaeta* (3), подкласс *Hirudinea* (6), класс *Crustacea* (1), семейство *Chironomidae* (26), отряд *Ephemeroptera* (3), отряд *Odonata* (7), отряд *Trichoptera* (13), отряд *Diptera* (2), отряд *Hemiptera* (1), подотряд *Heteroptera* (1) и условная группа «прочие» (9).

В пруду без названия определено 45 видов из 11 систематических групп: тип *Mollusca* (7), подкласс *Oligochaeta* (3), подкласс *Hirudinea* (7), класс *Crustacea* (3), семейство *Chironomidae* (13), отряд *Ephemeroptera* (2), отряд *Odonata* (4), отряд *Trichoptera* (2), отряд *Diptera* (1), отряд *Hemiptera* (2) и условная группа «прочие» (1).

В Калининградском заливе выявлен 31 вид из 6 систематических групп: тип *Mollusca* (5), подкласс *Oligochaeta* (1), класс *Crustacea* (6), семейство *Chironomidae* (16), отряд *Odonata* (1) и условная группа «прочие» (2).

Видовое разнообразие зообентоса в исследованных водоемах изменялась от 31 до 89 видов (рис. 5).

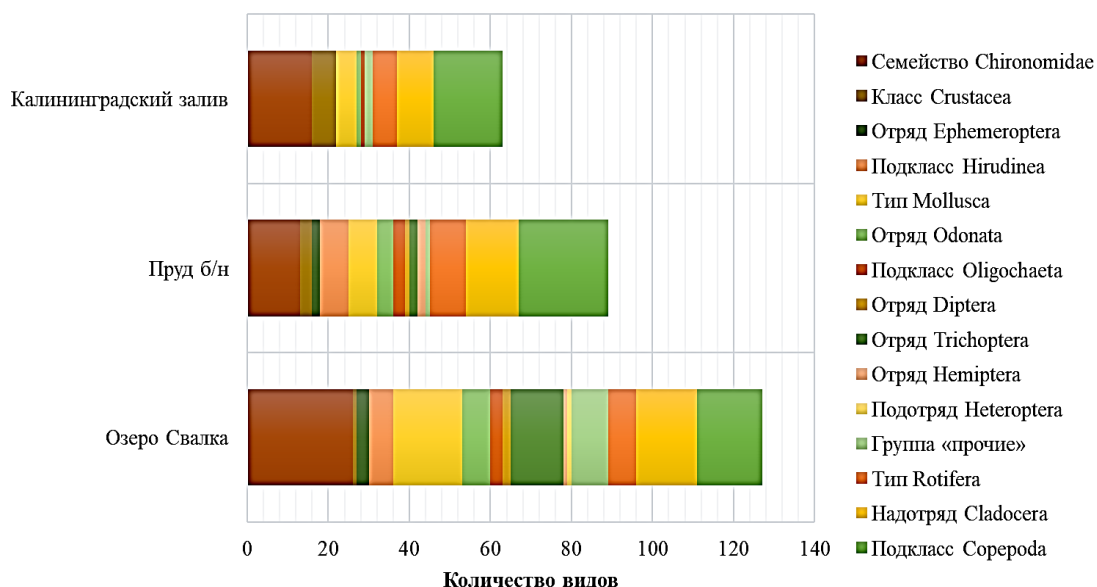


Рис. 5. Разнообразие зообентоса в исследуемых водных объектах
(количество видов)

Fig. 5. Diversity of zoobenthos in the studied water bodies (number of species)

В более крупном водном объекте, Калининградском заливе, разнообразие зообентоса было несколько меньше, чем в более мелких и пресноводных водоемах. Это объяснялось волнением и выбором станции отбора проб, так как в открытой акватории видовое разнообразие было бы выше. Максимальное разнообразие зообентоса среди исследованных водоемов наблюдалось в оз. Свалка (89 видов). Практически во всех водоемах более широко было представлено семейство *Chironomidae*.

Наибольшая численность зообентоса среди исследованных водных объектов отмечена в пруду без названия, наименьшая – в Калининградском заливе.

Численность семейства *Chironomidae* превышала численность других групп зообентоса во всех водных объектах.

Доминирующим видом в рассматриваемых водных объектах являлся *Chironomus dorsalis*, который чаще других обнаруживали в пробах.

Во всех водных объектах доминирующий комплекс видов был представлен преимущественно мелкими видами эвтрофных водоемов, массовое развитие которых характерно для весенне-летнего периода.

Наименьшая биомасса зообентоса наблюдалась в Калининградском заливе, а максимальная – в оз. Свалка, что связано с наличием крупных представителей типа *Mollusca*, имеющих большую биомассу.

Структура численности и биомассы зообентоса в процентном соотношении исследуемых водных объектов представлена на рис. 6–7.

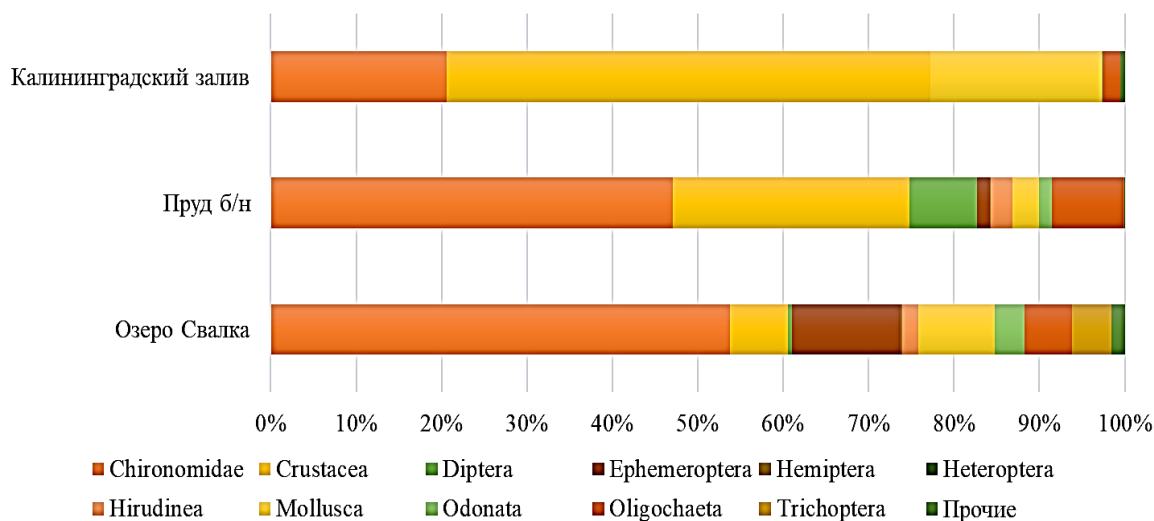


Рис. 6. Структура зообентосного сообщества по численности, %
Fig. 6. Structure of the zoobenthos community by number, %

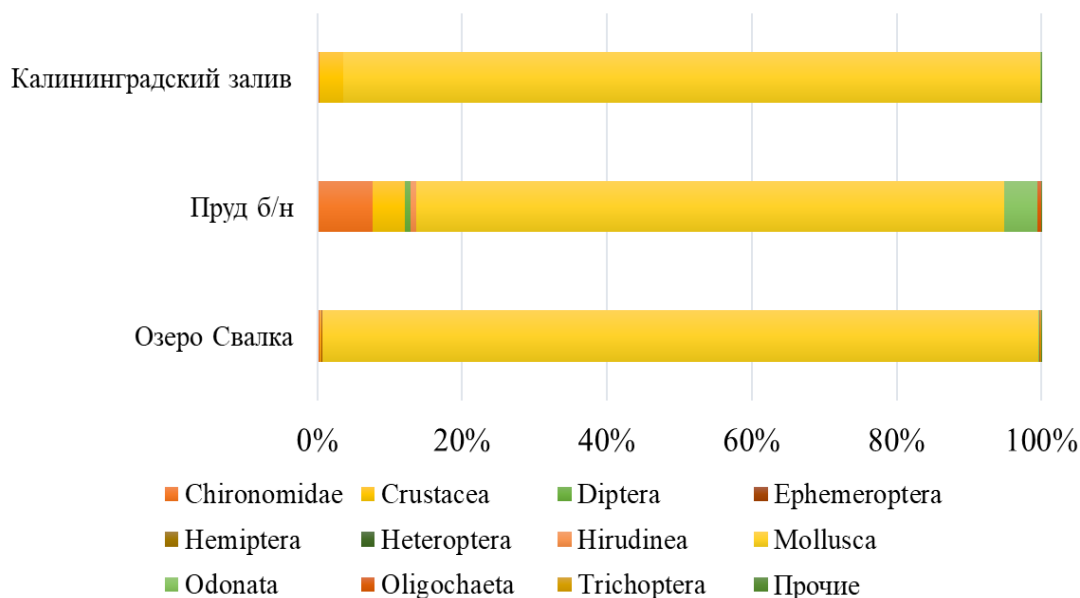


Рис. 7. Структура зообентосного сообщества по биомассе, %
Fig. 7. Structure of the zoobenthos community by biomass, %

Распределение численности и биомассы в исследуемых водных объектах получилось практически равным. В оз. Свалка наибольшую численность состав-

ляло семейство *Chironomidae*, в пруду без названия – семейство *Chironomidae* и класс *Crustacea*, в Калининградском заливе – класс *Crustacea*.

Во всех исследуемых водных объектах наибольшая биомасса наблюдалась у типа *Mollusca*.

Значения индекса сапробности Пантле-Букка для зообентоса во всех исследуемых водоемах в указанный период изменялись в диапазоне 1,2–3,19.

В оз. Свалка среднее значение индекса сапробности Пантле-Букка составляло 2,02, в пруду без названия – 2,23, в Калининградском заливе – 1,94.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследований влияния полигонов и свалок ТКО на водные экосистемы достаточно много [12–16], но большинство из них ограничивается исследованием гидрохимических показателей поверхностных или подземных вод, при этом гидрохимические показатели водных объектов подвержены частой изменчивости.

Проведенное исследование позволило расширить возможности мониторинга влияния фильтрата полигона ТКО на водные экосистемы.

Концепция экологического мониторинга влияния полигона ТКО на ближайшие водные экосистемы состоит в комплексном обследовании водных экосистем по гидрохимическим, гидробиологическим, ихтиологическим, гидрофизическим и гидрологическим показателям как на фоновых водных объектах, так и на объектах, находящихся под техногенным воздействием в зоне влияния полигона ТКО.

В составе зоопланктонного сообщества исследуемых водных объектов было обнаружено: оз. Свалка – 38 видов, пруд без названия – 44 вида и Калининградский залив – 32 вида.

Наибольшую численность и биомассу зоопланктона почти во всех исследуемых водных объектах составлял подкласс *Copepoda*, лишь в оз. Свалка наибольшая биомасса отмечалась у надотряда *Cladocera*.

Значение индекса сапробности Пантле-Букка для зоопланктона во всех исследуемых водоемах изменялось в диапазоне 1,24–2,25, что позволяет отнести их к олиго-β-мезосапробной зоне.

В составе зообентосного сообщества исследуемых водных объектов было обнаружено: оз. Свалка – 89 видов, пруд без названия – 45 видов и Калининградский залив – 31 вид.

Наибольшую численность зообентоса в оз. Свалка и пруду без названия представляло семейство *Chironomidae*, в Калининградском заливе – тип *Mollusca*.

Максимальная биомасса зообентоса во всех исследуемых водных объектах была представлена типом *Mollusca*.

Значение индекса сапробности Пантле-Букка для зообентоса во всех исследуемых водоемах находилось в диапазоне 1,2–3,19, что указывает на изменение от олигосапробной зоны до α-мезосапробной. При этом в случае расчета значения индекса сапробности Пантле-Букка для зообентоса Калининградский залив оказался менее загрязненным, чем расположенный рядом пруд без названия, который предположительно является «буфером» между полигоном ТКО и заливом (рис. 8). В случае расчета значения индекса сапробности Пантле-Букка для зоопланктона ситуация обратная, пруд оказался наименее загрязненным, чем другие водные объекты.

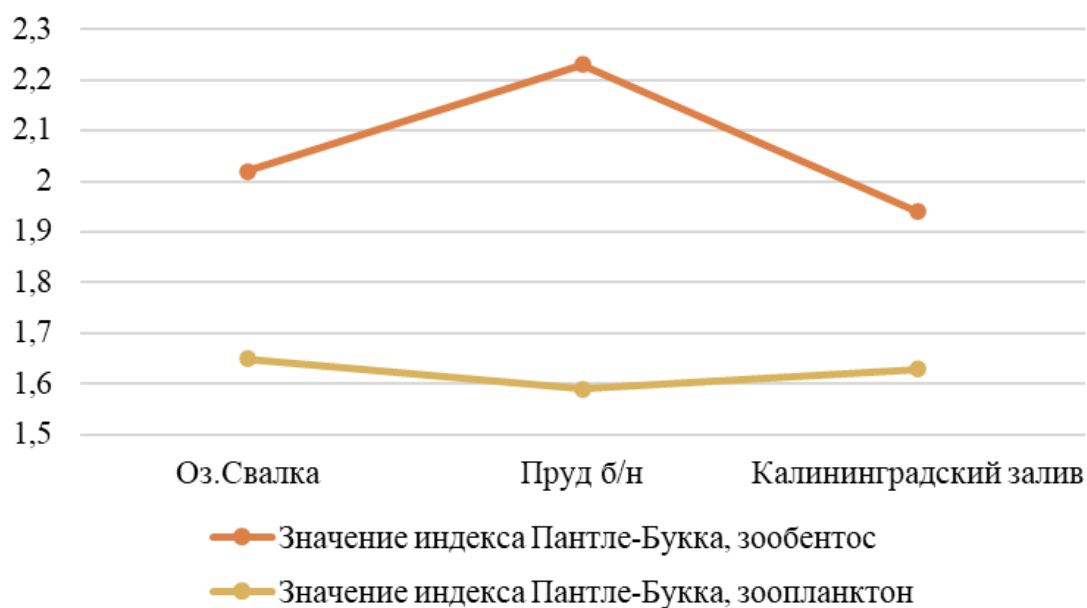


Рис. 8. Значение индекса Пантле-Букка в исследуемых водных объектах
Fig. 8. Value of the Pantle-Bucca index in the studied water bodies

По нашим предположениям, такая разница в значениях индекса в исследуемых водных объектах может быть связана с наибольшим видовым разнообразием зообентоса, чем зоопланктона, и, соответственно, большим количеством видов-индикаторов. Таким образом, в части расчетов различных гидробиологических индексов зообентос будет более показательным, чем зоопланктон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно сделать вывод, что в исследуемых водных объектах, предположительно подвергавшихся техногенному воздействию фильтрата полигона ТКО, наблюдается состояние водных экосистем, при котором сохраняются высокое видовое разнообразие и биомасса зоопланктона и зообентоса. Воды обследованных объектов, согласно методике Пантле-Букка, по содержанию зоопланктона и зообентоса можно идентифицировать как «умеренно загрязненные».

В дальнейшей перспективе данной работы планируется расширить перечень применяемых гидробиологических индексов для оценки состояния и загрязненности водных экосистем фильтратом полигона ТКО с более подробным анализом структуры зоопланктона и зообентоса.

Список источников

1. Галицкая, И. В. Аммонийный азот в фильтрате полигонов ТКО: образование, трансформация, долгосрочность загрязнения / И. В. Галицкая, В. С. Путилина, Т. И. Юганова. – DOI 10.31857/S0869780921010021 // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2021. – № 1. – С. 3–13.
2. Сметанин, В. И. Оценка негативного воздействия отработанных несанкционированных стихийных свалок и «полигонов» ТКО на окружающую среду / В. И. Сметанин. – DOI 10.26897/1997-6011-2025-2-68-76 // Природообустройство. – 2025. – № 2. – С. 68–76.
3. Минашкина, А. В. Разработка программы мониторинга водных объектов вблизи рекультивированного полигона ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области / А. В. Минашкина, С. В. Кондратенко, Е. А. Воробьева. – DOI 10.33933/2074-2762-2021-62-96-112 // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 62. – С. 96–112.
4. Галицкая, И. В. Оценка состояния полигона ТКО для обоснования мониторинговых исследований в пострекультивационный период / И. В. Галицкая, В. С. Путилина, И. А. Костикова. – DOI 10.31857/S0869780922050034 // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2022. – № 5. – С. 49–60.
5. Евграфов, А. В. Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния четырех закрытых полигонов ТКО / А. В. Евграфов, Н. С. Косов, Н. В. Лагутина. – DOI 10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29 // Тимирязевский биологический журнал. – 2024. – № 2. – С. 16–29.
6. Structural Organization of Zooplankton Communities in Different Types of River Mouth Areas / V. Zhikharev, D. Gavrillo, I. Kudrin [et al.]. – DOI: 10.3390/d15020199 // Diversity. – 2023. – № 15. – P. 1–16.
7. Koveshnikov, M. Structure of Zoobenthos at Different Stages of Ecosystem Succession in Thermokarst Water Bodies of the Central Yamal Peninsula / M. Koveshnikov, E. Krylova. – DOI: 10.1134/S1995082922050157 // Inland Water Biology. – 2022. – № 15. – P. 603–612.
8. Кутикова, Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Л. А. Кутикова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
9. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России: в 2 т / под ред. В. Р. Алексеева, С. Я. Цалолихина. – Москва: Т-во научных изданий КМК, 2010. – Т. 1. – 495 с. – ISBN: 978-5-87317-684-7.
10. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: в 6 т / под ред. С. Я. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1995. – Т. 2. – 627 с.
11. Косов, Н. С. Исследование планктона и бентоса при выполнении инженерно-экологических изысканий на р. Лихоборке в районе полигона твердых бытовых отходов «Долгопрудный» / Н. С. Косов, А. В. Евграфов // Инженерные изыскания в строительстве: материалы VI Общерос. науч.-практ. конф. молодых специалистов (Москва, 25 апреля 2024 г.) / ООО «Институт геотехники и инженерных изысканий в строительстве». – Москва: ООО «Геомаркетинг», 2024. – С. 71–77.
12. Сытник, Н. А. Оценка влияния на водные объекты рекультивации полигона твердых коммунальных отходов города Керчь Республики Крым /

Н. А. Сытник. – DOI: 10.58551/20728158_2023_10_59 // Вода: химия и экология. – 2023. – № 10. – С. 59–65.

13. Хазипова, В. В. Оценка техногенного воздействия на качество поверхностных вод реки Кальмиус в районе полигона промышленных отходов / В. В. Хазипова, Ю. В. Мнускина, А. В. Скочко // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – № 3 (7). – С. 500–504.

14. Понамарев, Ю. Ю. Мониторинг состояния поверхностных и подземных вод в районе размещения полигона твердых бытовых отходов, расположенного в поселке Ларино / Ю. Ю. Понамарев, В. В. Хазипова, М. Б. Старостенко // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2019. – № 1 (2). – С. 227–233.

15. О воздействии полигонов ТБО на поверхностные и подземные природные воды / С. С. Воронич, Н. Н. Роева, Д. А. Зайцев [и др.]. // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 5. – С. 16–24.

16. Шарова, О. А. Экологический гидрогеологический мониторинг полигона твердых бытовых отходов / О. А. Шарова, Л. Ф. Ушивцева // Астраханский вестник экологического образования. – 2018. – № 2 (44). – С. 118–125.

References

1. Galitskaya, I. V. Ammonium nitrogen in the filtrate of MSW landfills: formation, transformation, durability of pollution / I. V. Galitskaya, V. S. Putilina, N. I. Yuganova // Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. – 2021. – № 1. – P. 3–13.

2. Smetanin, V. I. Assessment of the negative impact of spent unauthorized spontaneous landfills and MSW "landfills" on the environment / V. I. Smetanin // Environmental management. – 2025. – № 2. – P. 68–76.

3. Minashkina, A. V. Development of a program for monitoring water bodies near the reclaimed MSW landfill in the village of A. Kosmodemyansky, Kaliningrad region / A. V. Minashkina, S. V. Kondratenko, E. A. Vorobyova // Hydrometeorology and Ecology. – 2021. – № 62. – P. 96–112.

4. Galitskaya, I. V. Assessment of the MSW landfill condition to substantiate monitoring studies in the post-rehabilitation period / I. V. Galitskaya, V. S. Putilina, I. A. Kostikova // Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. – 2022. – № 5. – P. 49–60.

5. Evgrafov, A. V. Assessment of the state of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills / A. V. Evgrafov, N. S. Kosov, N. V. Lagutina // Timiryazevsky Biological Journal. – 2024. – № 2. – P. 16–29.

6. Structural Organization of Zooplankton Communities in Different Types of River Mouth Areas / V. Zhikharev, D. Gavrilko, I. Kudrin [et al.] // Diversity. – 2023. – № 15. – P. 1–16.

7. Koveshnikov, M. Structure of Zoobenthos at Different Stages of Ecosystem Succession in Thermokarst Water Bodies of the Central Yamal Peninsula / M. Koveshnikov, E. Krylova // Inland Water Biology. – 2022. – № 15. – P. 603–612.

8. Kutikova, L. A. Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR / L. A. Kutikova. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. – 511 p.

9. Determinant of zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia: in 2 volumes / edited by V. R. Alekseev, S. Ya. Tsalolikhin. – Moscow: Collection of scientific publications of the KMC, 2010. – Vol. 1. – 495 p.
10. Determinant of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories: in 6 volumes / edited by S. Ya. Tsalolikhin. – Saint-Petersburg: Nauka Publ., 1995. – Vol. 2. – 627 p.
11. Kosov, N. S. Investigation of plankton and benthos during engineering and environmental surveys on the Likhoborka River in the area of the Dolgoprudny solid waste landfill / N. S. Kosov, A. V. Evgrafov // Engineering surveys in construction: proceedings of the VI All-Rus. scientif. and pract. conf. of young specialists (Moscow, April 25, 2024) / Institute of Geotechnics and Engineering Surveys in Construction, LLC. – Moscow: Geomarketing LLC, 2024. – P. 71–77.
12. Sytnik, N. A. Assessment of the impact on water bodies of the reclamation of the municipal solid waste landfill in Kerch, Republic of Crimea / N. A. Sytnik // Water: chemistry and ecology. – 2023. – № 10. – P. 59–65.
13. Khazipova, V. V. Assessment of the anthropogenic impact on the quality of the surface waters of the Kalmius River in the area of the industrial waste landfill / V. V. Khazipova, Yu. V. Mnuskina, A. V. Skochko // Fire and technosphere safety: problems and ways of improvement. – 2020. – № 3 (7). – P. 500–504.
14. Ponamarev, Yu. Y. Monitoring of the state of surface and groundwater in the area of the municipal solid waste landfill located in the village of Larino / Yu. Y. Ponamarev, V. V. Khazipova, M. B. Starostenko // Fire and technosphere safety: problems and ways of improvement. – 2019. – № 1 (2). – P. 227–233.
15. On the impact of landfills on surface and underground natural waters / S. S. Voronich, N. N. Roeva, D. A. Zaitsev [et al.] // Ecological systems and devices. – 2017. – № 5. – P. 16–24.
16. Sharova, O. A. Ecological hydrogeological monitoring of a solid household waste landfill / O. A. Sharova, L. F. Ushvtseva // Astrakhan Bulletin of Environmental Education. – 2018. – № 2 (44). – P. 118–125.

Информация об авторах

А. В. Василискова – заведующая лабораториями кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

С. В. Кондратенко – кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

Information about the authors

A. V. Vasiliskova – Head of Laboratories of the Department of Water Bioresources and Aquaculture

S. V. Kondratenko – Candidate of Biological sciences, Associate Professor of the Department of Water Bioresources and Aquaculture

Вклад авторов

А. В. Василюкова – идея, сбор материала, обработка материала и написание статьи

С. В. Кондратенко – научное редактирование текста и научное руководство

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

A. V. Vasiliskova – idea, collection of material, processing of material, and writing of the article

S. V. Kondratenko – scientific editing of the text and scientific supervision

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 01.09.2025; одобрена после рецензирования 09.09.2025; принята к публикации 20.09.2025.

The article was submitted 01.09.2025; approved after reviewing 09.09.2025; accepted for publication 20.09.2025.