

Научная статья
УДК 504.064.36
DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-11-23

Комплексность мониторинга водных экосистем вблизи 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. Для оценки состояния экологической ситуации важную роль играет полноценный мониторинг водных экосистем, включающий контроль всех компонентов: воды, донных отложений и гидробионтов. Разработанный и предложенный мониторинг является универсальным инструментом оценки техногенного воздействия на все компоненты водных экосистем, расположенных в зонах влияния полигонов и свалок отходов. Приведен перечень параметров и веществ, определяемых в ходе мониторинга, основанный на получении полноценной и достоверной информации, а также на оптимизации проведения исследования. Полученные результаты мониторингового исследования формируют знания об особенностях накопления загрязняющих веществ, входящих в состав фильтрата полигонов в водных экосистемах. Определены наиболее подходящие индексы для расчета загрязненности и определения степени трофности вод. Накопление загрязняющих веществ в водных экосистемах происходит преимущественно в донных отложениях и тканях гидробионтов, что связано с механизмом самоочищения и происходящими процессами внутри водоемов. Органические вещества подвергается окислению за счет растворенного в воде кислорода, часть загрязняющих веществ задерживают гидробионты-фильтраторы, далее накопление идет в пищевой цепочке. Оставшаяся часть загрязняющих веществ осаждается на дно, где накапливается в донных осадках. Близкое расположение полигонов и свалок к водным объектам, а также проектирование и эксплуатация полигонов без учета противифильтрационных природозащитных экранов являются значительными факторами для техногенной трансформации природной среды.

Ключевые слова: мониторинг, водные экосистемы, полигон ТКО, зоопланктон, зообентос, тяжелые металлы, гидробионты, фильтрат.

Для цитирования: Василискова А. В., Кондратенко С. В. Комплексность мониторинга водных экосистем вблизи полигонов твердых коммунальных отходов // Известия КГТУ. 2026. № 80. С. 11–23. DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-11-23.

Original article

Integrated approach in monitoring aquatic ecosystems near 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. A full-fledged monitoring of aquatic ecosystems (including control of all components: water, sediments and aquatic organisms) plays an important role in the assessment of the ecological situation. The developed and proposed monitoring is a universal tool for assessing the anthropogenic impact on all components of aquatic ecosystems located in the zones of influence of landfills. The list of parameters and substances determined during monitoring is given, based on obtaining complete and reliable information, as well as optimizing the study. The obtained results of the monitoring form knowledge about the features of accumulation of pollutants, which are part of the leachate, in aquatic ecosystems. The most suitable indices for calculating pollution and determining the degree of trophic waters have been determined. Accumulation of pollutants in aquatic ecosystems occurs mainly in sediments and tissues of aquatic organisms, this is due to the mechanism of self-purification and processes occurring inside reservoirs. Organic substances are oxidized due to oxygen dissolved in water, some of the pollutants are trapped by hydrobiont filters, and further accumulation proceeds according to the food chain. The remaining part of the pollutants is deposited at the bottom, where it accumulates in the bottom sediments. The proximity of landfill sites and grounds to water bodies, as well as the design and operation of landfills without taking into account anti-filtration environmental shields, is a significant factor for the man-made transformation of the natural environment.

Keywords: monitoring, aquatic ecosystems, SMW landfill, zooplankton, zoobenthos, heavy metals, aquatic organisms, leachate.

For citation: Vasiliskova A. V., Kondratenko S. V. Integrated approach in monitoring aquatic ecosystems near municipal solid waste landfills. *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2026;(80):11-23. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2026-80-11-23.

ВВЕДЕНИЕ

Водным кодексом Российской Федерации [1] дается определение мониторинга водных объектов, где указано, что это система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов.

Мониторинг водных объектов, как правило, может проводиться с целью:

- выявления и прогнозирования негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработки и реализации мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;
- оценки эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

– информационного обеспечения управления в области использования и охраны водных объектов.

Мониторинг водных объектов может включать в себя:

- регулярные наблюдения за состоянием водных объектов, их количественными и качественными показателями;
- сбор, обработку и хранение сведений, полученных в результате наблюдений;
- оценку и прогнозирование изменений состояния водных объектов, их количественных и качественных показателей.

Тем же Водным кодексом установлено, что мониторинг водных объектов включает:

- мониторинг поверхностных водных объектов с учетом данных мониторинга, осуществляемого при проведении работ в области гидрометеорологии и смежных с ней областях;
- мониторинг состояния дна и берегов водных объектов, а также состояния водоохраных зон;
- мониторинг подземных вод с учетом данных государственного мониторинга состояния недр;
- наблюдения за водохозяйственными системами, в том числе за гидротехническими сооружениями, а также за объемом вод при водопотреблении и их сбросе, в том числе сбросе в водные объекты.

Однако особенность воздействия полигонов отходов на окружающую среду предполагает более токсический эффект ввиду специфичного и нестабильного состава фильтрата полигонов [2]. Фильтрат (фильтрационные воды) полигонов, поступая в окружающую среду, например, в водные экосистемы, влияет не только на изменение гидрохимических показателей вод, но и на самих гидробионтов. Тяжелые металлы, входящие в состав фильтрата, могут накапливаться в тканях и органах рыб [3].

Функционирующие полигоны и свалки твердых коммунальных и промышленных отходов являются частью геологической среды и развиваются по законам геологического пространства. В природных экосистемах отходы не накапливаются, а разлагаются и поступают в круговорот веществ. Для снижения уровня воздействия полигонов отходов на окружающую среду необходимо управлять процессом захоронения отходов, вести непрерывный экологический мониторинг всех геосферных оболочек – литосферы, биосферы, гидросферы и атмосферы, на которые оказывают воздействие существующие полигоны [4].

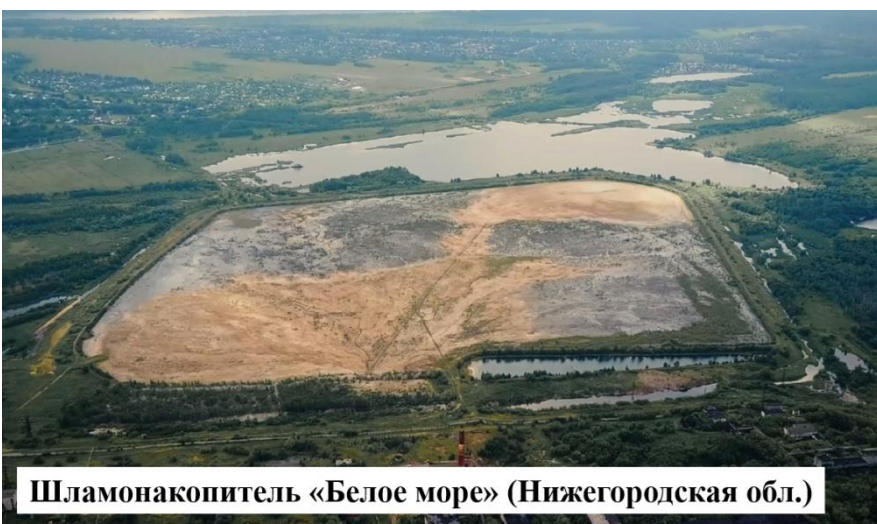
Изображения некоторых крупнейших мест размещения отходов в России представлены на рис. 1.



Полигон «Красный Бор» (Ленинградская обл.)



Рекультивированный полигон (Калининградская обл.)



Шламоаккумулятор «Белое море» (Нижегородская обл.)



Рис. 1. Места размещения отходов в России
Fig. 1. Waste disposal sites in Russia

Мониторинг полигонов твердых коммунальных отходов – это система наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды на территориях объектов размещения отходов. Мониторинг проводят владельцы полигонов и лица, в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, на основании утвержденной программы [5]. Целями такого мониторинга являются:

- предотвращение ущерба окружающей среде из-за загрязнения почвы, грунтовых вод и воздуха отходами, которые могут содержать опасные вещества;
- минимизация риска заболеваний и отравлений из-за экологических проблем, связанных с выбросами и отходами с полигонов;
- сбор и анализ данных о состоянии окружающей среды и трендах загрязнения, что позволяет оптимизировать процессы обращения с отходами, разрабатывать новые технологии и методы управления отходами [6, 7].

Таким образом, мониторинг полигонов ведется на территории самих полигонов. Анализируются пробы атмосферного воздуха, свалочных грунтов, почв, подземных вод из скважин, при этом программой мониторинга полигона не предусмотрены наблюдения за состоянием водных объектов, расположенных вблизи мест размещения отходов. Мы же предлагаем расширить программу мониторинговых наблюдений за состоянием окружающей среды вблизи полигонов отходов в части более подробного исследования водных объектов, не ограничивающихся только гидрохимическими исследованиями. Так как гидрохимические показатели подвержены частой изменчивости, предлагается найти более «устойчивый и интегральный» показатель, которым могут стать показатели биоты водных экосистем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для экологической оценки состояния водных экосистем были проанализированы все свалки и полигоны отходов в Калининградской области и выбран

наиболее подходящий по своим характеристикам полигон для апробирования комплексного мониторинга влияния фильтрационных вод полигонов на водные экосистемы [8]. Были определены водные объекты, предположительно подвергавшиеся негативному воздействию полигонов отходов, и фоновый водный объект. Схема расположения полигона и водных объектов представлена на рис. 2.

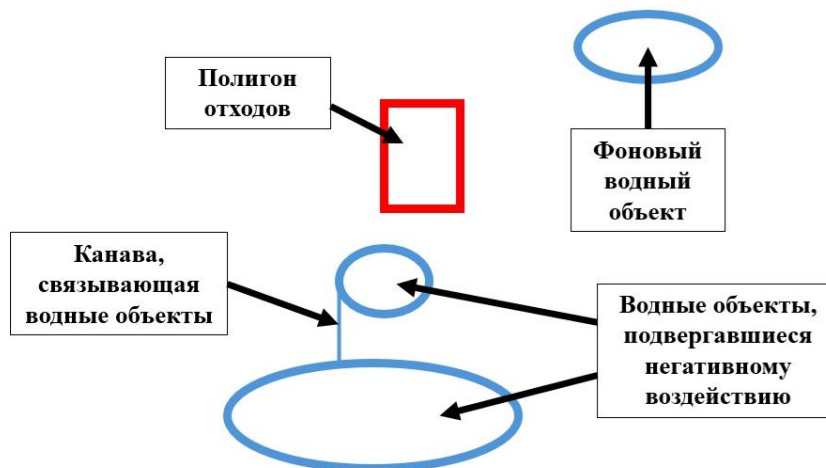


Рис. 2. Схема расположения водных объектов по отношению к полигону отходов
Fig. 2. Layout of water bodies in relation to the landfill

Сам мониторинг проводился в период с 2019 по 2022 гг. и включал в себя физико-химические испытания фильтрационных вод полигона отходов, поверхностных вод, донных отложений.

Также отбирались и анализировались пробы зоопланктона, зообентоса и фитопланктона (концентрация хлорофилла, сумма «а», «b» и «с1+с2»). Помимо этого, проводился отлов гидробионтов (рыб) для видовой характеристики ихтиофауны водных экосистем и определения концентрации тяжелых металлов в тканях рыб. Перечень определяемых веществ и параметров в компонентах исследуемых водных экосистем и фильтрате полигона представлен в табл. 1.

Таблица 1. Перечень определяемых веществ и параметров в компонентах исследуемых водных экосистем и фильтрате полигона
Table 1. List of detectable substances and parameters in the components of the studied aquatic ecosystems and the leachate of the landfill

№ п/п	Наименование компонента	Определяемые вещества и параметры
1	2	3
1	Фильтрат полигона	температура, pH, перманганатная окисляемость, углекислый газ, гидрокарбонаты, кальций, магний, жесткость, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфор (общ.), фосфор фосфатный, железо (общ.), хлориды, сульфаты, щелочность, общая минерализация, взвешенные вещества, сухой остаток, химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода за 5 суток, медь, натрий, ртуть, свинец, литий

Окончание таблицы 1

1	2	3
2	Поверхностные воды	температура, pH, перманганатная окисляемость, углекислый газ, гидрокарбонаты, кальций, магний, жесткость, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфор (общ.), фосфор фосфатный, железо (общ.), хлориды, сульфаты, щелочность, общая минерализация, электропроводимость, растворенный кислород (мг/дм ³ ;%), химическое потребление кислорода, биохимическое потребление кислорода за 5 суток, медь, натрий, ртуть, свинец, литий
3	Донные осадки	нефтепродукты, медь, ртуть, свинец, железо
4	Гидробионты (рыба)	качественные и количественные параметры, свинец, ртуть, железо, медь в тканях
5	Фитопланктон	концентрация хлорофилла («a», «b», «c1+c2»)
6	Зоопланктон	качественные и количественные параметры
7	Зообентос	качественные и количественные параметры

Для получения более точной экологической характеристики водного объекта использовались индикаторный и индексный методы. Применялись такие индексы: индекс загрязненности фильтрата, индекс загрязненности вод, удельный комбинаторный индекс загрязненности вод, индекс сапробности Пантле–Букка в модификации Сладечека, индекс видового разнообразия Шеннона, хирономидный индекс Балушкиной, олигохетный индекс Гуднай-Уотлея, биотический индекс Вудивисса и интегральный показатель Балушкиной.

Использование всех вышеперечисленных индексов было сделано еще и с целью установления того, какой из них более всего подходит для такого рода мониторинга.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования была установлена специфичность и нестабильность химического состава фильтрационных вод полигона отходов. Рассчитанный индекс загрязненности фильтрата показал снижение концентраций загрязняющих веществ в период проведения комплексного мониторинга, что коррелирует с литературными данными [9–13]. На сегодняшний день, по достижении фазы стабильного метаногенеза, полигон и его фильтрат характеризуются как малоопасные, что подтверждается проведенными расчетами. Фазы жизненного цикла полигона и биодеструкции отходов представлены в табл. 2.

Гидрохимические показатели вод изменяются в зависимости от сезонности и гидрологических особенностей водного объекта. Рассчитанные гидрохимические индексы (индекс загрязненности вод, удельный комбинаторный индекс загрязненности вод) не выявили критического состояния водных экосистем, исследуемые воды можно охарактеризовать как «умеренно загрязненные». Нагляднее был удельный комбинаторный индекс загрязненности вод в сравнении с индексом загрязненности.

Таблица 2. Фазы жизненного цикла полигонов и биодеструкции отходов
Table 2. Phases of the landfill life cycle and waste biodegradation

Фаза	Наименование	Характеристика
1	2	3
I	Аэробная деструкция и гидролиз	Длится несколько месяцев. Гидролиз и окисление пищевых отходов. Большинство металлов подвергаются коррозии с кислородной деполяризацией. Кислоты, образующиеся при окислении органических соединений, способствуют растворению металлов и переходу их в фильтрат. Окисление и разложение отходов сопровождается выделением тепла, поэтому температура тела полигона может достигать 80 °С. Рост температуры и присутствие антимикробных соединений абиотического происхождения приводят к гибели или инактивации патогенных микроорганизмов, личинок насекомых.
II	Ацетогенез	Длится от 1 года до 4 лет, происходит дальнейший распад быстро- и среднеразлагаемых фракций отходов, основными продуктами являются уксусная и пропионовая кислоты, углекислый газ и вода; значительное снижение pH фильтрата и ускорение процессов деструкции, гидролиза древесины, целлюлозы, некоторых видов пластмасс, синтетических волокон. В кислой среде активные металлы (цинк, железо, никель, хром, кадмий и др.) окисляются ионами водорода. Ионы металлов образуют устойчивые комплексные соединения с органическими соединениями, а также осаждаются в виде карбонатов, фосфатов. Фильтрат в этот период характеризуется высокими значениями химического потребления кислорода, биохимического потребления кислорода и концентрацией ионов тяжелых металлов.
III	Активный метаногенез	Длится до 30 лет с момента депонирования, в этот период протекает ферментативное разложение образованных в ацетогенной фазе кислот, которое сопровождается значительным выделением газов и повышением pH среды. Происходит разложение целлюлозы и гемицеллюлозы с образованием биогаза и соединений гумусовой природы, полифенолов и др. В фильтрате снижается содержание органических веществ и увеличивается доля биорезистентных компонентов.
IV	Стабильный метаногенез	Длится до 100 лет. Снижаются скорость и величина эмиссии метана, основным источником загрязнения становится фильтрат. В щелочной среде протекают ферментативный гидролиз лигнина с образованием ароматических и жирных кислот, дальнейшая биодegradация целлюлозы и химическая деструкция трудно разлагаемых фракций отходов. Фильтрат характеризуется высоким содержанием биорезистентных компонентов и повышенной минерализацией.

Окончание таблицы 2

1	2	3
V	Ассимиляция	Затухают все процессы разложения, отходы стабилизируются в массиве захоронения. Наступает постепенно в течение 50–100 лет на пострекультивационном этапе жизненного цикла. Протекает в условиях недостатка кислорода, повышенной температуры и влажности. Характерный признак наступления фазы – наличие более 50 % метана в пробах биогаза. Органические вещества трансформируются в газообразную (биогаз), жидкую (фильтрат) и твердую (разложившуюся массу) фракции.

Наиболее показательными были расчеты гидробиологических индексов для зообентоса, так как он более постоянен и его жизненный цикл длиннее, чем зоопланктона. Идентифицированные пробы зообентоса в пробах исследуемых водных объектов позволяют отнести водные объекты к тому же классу сапробности, что и установленные по гидрохимической характеристике. В соответствии с ГОСТ 17.1.2.0477 [14] и на основании гидрохимических и гидробиологических показателей водоемы по классу сапробности относятся к категориям «чистые воды» (фоновый объект) и «загрязненные и грязные воды» (объекты, подвергавшиеся негативному воздействию).

Для определения трофического статуса водного объекта хорошо показал себя фитопланктон (концентрация хлорофилла, сумма «а», «b» и «с1+с2»). Сопоставление концентрации хлорофилла с трофическим статусом проводилось в соответствии с экологической классификацией поверхностных вод суши [15]. Было выявлено, что объекты, подвергавшиеся негативному воздействию полигона твердых коммунальных отходов, относились к более трофным водам, чем фоновый объект.

Исследование донных осадков водных экосистем определило особенности накопления тяжелых металлов. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ наблюдались в водном объекте, который располагался ближе всего к полигону отходов и в канаве, соединяющей водные объекты.

При анализе концентраций тяжелых металлов в тканях гидробионтов (рыб) были выявлены закономерности накопления загрязняющих веществ соответственно пищевой цепочке (рис. 3.).

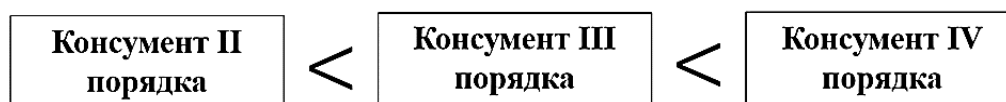


Рис. 3. Схема накопления тяжелых металлов в тканях гидробионтов соответственно пищевой цепочке

Fig. 3. Scheme of accumulation of heavy metals in the tissues of aquatic organisms, according to the food chain

В тканях хищных рыб концентрации тяжелых металлов были выше, чем в тканях бентофагов. Сравнение полученных данных с литературными источниками не выявило критичных концентраций тяжелых металлов в тканях гидробионтов (рыб), по большей части не были превышены предельно-допустимые концентрации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанного и апробированного комплексного мониторинга водных экосистем близи полигонов отходов показало свои возможности для получения достоверной информации о состоянии водных объектов. Были установлены закономерности распространения и накопления загрязняющих веществ в водных экосистемах, расположенных вблизи полигонов отходов.

Данный комплексный мониторинг является универсальной системой для получения достоверной информации о состоянии окружающей среды и может быть применен и на других объектах размещения отходов с учетом индивидуальной разработки схемы точек отбора проб для каждого отдельного объекта размещения отходов.

Применение комплексного мониторинга может осуществляться на разных этапах: проектирование, строительство, эксплуатация и рекультивация объектов размещения отходов.

Для снижения последствий и предотвращения серьезного ущерба окружающей среде необходимо принимать специальные меры, направленные на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, и применять превентивные меры в случае ухудшения ее состояния вблизи полигонов отходов.

Список источников

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 31.07.2025). – Текст: электронный // Консультант-плюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 15.07.2025).
2. Анализ методов очистки фильтрата полигонов ТКО / Н. О. Милютин, П. С. Зеленковский, Н. А. Политаева [и др.]. – DOI: 10.15862/03NZVN320 // Твердые бытовые отходы. – 2023. – № 6 (204). – С. 48–53.
3. Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni в мышечной ткани рыб национального парка «Смоленское Поозерье» / И. И. Подлипский, П. С. Зеленковский, С. В. Дуброва, Т. Д. Евенкова // География: развитие науки и образования: сборник статей по материалам ежегодной междунар. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 20–23 апр. 2022 г.) – Рос. гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург: РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – С. 100–103.
4. Шарова, О. А. Экологический мониторинг на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов / О. А. Шарова, А. Н. Бармин // Региональные гео-системы. – 2013. – № 3 (146). – С. 166–169.
5. ГОСТ Р 56060–2014. Производственный экологический мониторинг. Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 6 с.
6. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. – Текст: электронный // Консультант-плюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 15.10.2025).

7. Зинюков, Ю. М. Мониторинг природной среды в районе полигона ТБО ООО «КАСКАД» (Воронежская область) / Ю. М. Зинюков, В. А. Валяльщикова // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2014. – № 4. – С. 98–103.
8. Василискова, А. В. Геоэкологическая характеристика водного объекта без названия, расположенного вблизи рекультивированного полигона твердых коммунальных отходов Калининградской области / А. В. Василискова, С. В. Кондратенко, А. С. Меньшенин. – DOI: 10.26516/2073–3402.2023.46.16 // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2023. – Т. 46. – С. 16–34.
9. Бегунова, Л. А. Сравнительная оценка результатов химического анализа фильтрата твердых коммунальных отходов на полигоне Иркутска / Л. А. Бегунова, А. Н. Петрова. – DOI: 10.21285/2500–1582–2023–1–18–26 // XXI век. Техносферная безопасность. – 2023. – Т. 8, № 1 (29). – С. 18–26.
10. Притужалова, О. А. Анализ изученности свалочного фильтрата на российских полигонах твердых коммунальных отходов / О. А. Притужалова, И. А. Жованик. – DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-413-426 // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2023. – Т. 33, № 4. – С. 413–426.
11. Галицкая, И. В. Продолжительность выщелачивания металлов из свалочного тела при захоронении твердых коммунальных отходов / И. В. Галицкая, В. С. Путилина, Т. И. Юганова. – DOI: 10.31857/S086978092006003X // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2020. – № 6. – С. 3–13.
12. 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.
13. Слюсарь, Н. Н. Оценка долгосрочных эмиссий объектов захоронения твердых коммунальных отходов: результаты полевых исследований и лабораторного моделирования / Н. Н. Слюсарь, Я. И. Вайсман, В. Н. Коротаев. – DOI: 10.18412/1816–0395–2016–4–32–39 // Экология и промышленность России. – 2016. – Т. 20, № 4. – С. 32–39.
14. ГОСТ 17.1.2.04–77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс»: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200026772> (дата обращения: 15.07.2025).
15. Комплексная экологическая классификация поверхностных вод суши / О. П. Оксик, В. Н. Жукин, Л. П. Брагинский [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29. – № 4. – С. 62–76.

References

1. The Water Code of the Russian Federation dated 06/03/2006 N 74–FZ (as amended on 07/31/2025). – Text: electronic // Consultant-plus: site. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (accessed on 15.07.2025).

2. Analysis of methods for cleaning the filtrate of MSW landfills / N. O. Milyutina, P. S. Zelenkovsky, N. A. Politaeva [et al.]. – DOI: 10.15862/03NZVN320 // Solid household waste. – 2023. – № 6 (204). – P. 48–53.
3. Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni in the muscle tissue of fish of Smolenskoye Poozerye National Park / I. I. Podlipsky, P. S. Zelenkovsky, S. V. Dubrova, T. D. Evenkova // Geography: development of science and education: A collection of articles based on the materials of the annual International Scientific and Practical Conference (St. Petersburg, April 20–23, 2022) – Russian State Pedagogical University A. I. Herzen University. – Saint Petersburg: A. I. Herzen Russian State Pedagogical University, 2022. – P. 100–103.
4. Sharova, O. A. Environmental monitoring at landfills of solid household and industrial waste / O. A. Sharova, A. N. Barmin // Regional geosystems. – 2013. – № 3 (146). – P. 166–169.
5. GOST R 56060-2014. Industrial environmental monitoring. Monitoring of the state and pollution of the environment in the territories of waste disposal facilities. – Moscow: Standartinform, 2015. – 6 p.
6. Federal Law "On Environmental Protection" dated 10.01.2002 No. 7-FZ. – Text: electronic // Consultant-plus: site. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (accessed on 15.10.2025).
7. Zinyukov, Yu. M. Monitoring of the natural environment in the area of the MSW landfill of CASCADE LLC (Voronezh region) / Yu. M. Zinyukov, V. A. Vayalshchikov // Bulletin of the VSU. Series: Geology. – 2014. – № 4. – P. 98–103.
8. Vasiliskova, A. V. Geoecological characteristics of an unnamed water body located near a reclaimed landfill of municipal solid waste in the Kaliningrad region / A. V. Vasiliskova, S. V. Kondratenko, A. S. Menshenin. – DOI: 10.26516/2073-3402.2023.46.16 // Izvestiya Irkutsk State University. Series: Earth Sciences, 2023. – Vol. 46. – P. 16–34. -
9. Begunova, L. A. Comparative evaluation of the results of chemical analysis of municipal solid waste filtrate at the Irkutsk landfill / L. A. Begunova, A. N. Petrova. – DOI: 10.21285/2500–1582–2023–1–18–26 // The 21st century. Technosphere safety. – 2023. – Vol. 8, № 1 (29). – P. 18–26.
10. Prituzhalova, O. A. Analysis of the study of landfill filters in Russian municipal solid waste landfills / O. A. Prituzhalova, I. A. Zhovannik. – DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-4-413-426 // Bulletin of the Udmurt University. Bio-logy series. Earth Sciences. – 2023. – Vol. 33, № 4. – P. 413–426.
11. Galitskaya, I. V. Duration of metal leaching from landfill bodies during the disposal of municipal solid waste / I. V. Galitskaya, V. S. Putilina, T. I. Yuganova. – DOI: 10.31857/S086978092006003X // Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. – 2020. – № 6. – P. 3–13.
12. Galitskaya, I. V. Ammonium nitrogen in the filtrate of MSW landfills: formation, transformation, long-term contamination / I. V. Galitskaya, V. S. Putilina, T. I. Yuganova. – DOI: 10.31857/S0869780921010021 // Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology. – 2021. – № 1. – P. 3–13.
13. Slyusar, N. N. Assessment of long-term emissions of municipal solid waste disposal facilities: results of field research and laboratory modeling / N. N. Slyusar, Ya. I. Vaisman, V. N. Korotaev. – DOI: 10.18412/1816-0395-2016-4-32-39 // Ecology and industry of Russia. – 2016. – Vol. 20, № 4. – P. 32–39.

14. GOST 17.1.2.04–77. Nature conservation. The hydrosphere. Indicators of the condition and taxation rules of fishery water bodies. – Text: electronic // Electronic Fund of regulatory, technical and regulatory information of the Codex Consortium: site. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200026772> (accessed on 15.07.2025).

15. Complex ecological classification of land surface waters / O. P. Oksiyuk, V. N. Zhukinsky, L. P. Braginsky [et al.] // Hydrobiological Journal. – 1993. – Vol. 29. – № 4. – P. 62–76.

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 the 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. Василискова – 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 10.11.2025; одобрена после рецензирования 21.11.2025; принята к публикации 30.11.2025.

The article was submitted 10.11.2025; approved after reviewing 21.11.2025; accepted for publication 30.11.2025.