

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ
УДК 574.584



Определение микропластика в пресноводных рыбах России

Татьяна Игоревна ЗИНОВЬЕВА ✉, Ксения Сергеевна НЕПРОКИНА,
Татьяна Николаевна ГОРДЕНКОВА

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»
392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33

✉ zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены методики, используемые разными группами исследователей в изучении содержания микропластика в пресноводных рыбах России, а также полученные результаты в ходе этих исследований. Описаны этапы обработки проб, включая удаление органической составляющей и разделение фрагментов. Исследования показывают высокий уровень загрязнения рыб микропластиком, что подчеркивает актуальность проблемы и необходимость дальнейших исследований для оценки воздействия на экосистему.

Ключевые слова: микропластик, гидробионты, пресноводные рыбы, загрязнение рек, загрязнение озер

Для цитирования: Зиновьева Т.И., Непрокина К.С., Горденкова Т.Н. Определение микропластика в пресноводных рыбах России // Державинский форум. 2025. Т. 9. № 1. С. 121-129.

ORIGINAL ARTICLE
UDC 574.584

The determination of microplastics in freshwater fish in Russia

Tatyana I. ZINOVIEVA ✉, Ksenia S. NEPROKINA, Tatyana N. GORDENKOVA

Derzhavin Tambov State University
33 Internatsionalnaya St., Tambov, 392000, Russian Federation

✉ zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Abstract. The methods used by different groups of researchers in the study of microplastic content in freshwater fishes of Russia and the results obtained in these studies' course are reviewed. The sample processing stages are described, including the organic component removal and fragments' separation. The studies show a high level of microplastic contamination in fish, which emphasises the urgency of the problem and the need for further research to assess the impact on the ecosystem.

Keywords: microplastics, hydrobionts, freshwater fish, pollution of rivers, pollution of lakes

For citation: Zinovieva, T.I., Neprokina, K.S., & Gordenkova, T.N. (2025). The determination of microplastics in freshwater fish in Russia. *Derzhavinskii forum = Derzhavin Forum*, vol. 9, no. 1, pp. 121-129.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение пресных вод является актуальнейшей проблемой современности. Воду загрязняют различные промышленные и коммунально-бытовые стоки. Страдают при этом и обитатели водоемов. Различные загрязнители обнаруживаются в желудочно-кишечном тракте и мышцах гидробионтов.

Одной из актуальных проблем нашей страны является утилизация и переработка пластика. Этот материал практичен и используется в различных отраслях жизни человека [1]. В окружающей среде пластик под влиянием различных физико-химических факторов деформируется и разрушается, образуя микропластик. Микропластиком называют мельчайшие частицы пластиковых материалов размером от 5 до 0,001 мм. Более мелкие частицы называются нанопластиком. В озера и речные системы микропластик попадает преимущественно со сточными водами с суши, от ЖКХ и промышленных предприятий, или посредством незаконного размещения отходов в водоохранной зоне [2].

Большое количество научных статей и исследований этой проблемы посвящено изучению морских вод и их экосистем. Однако растет количество исследований и пресных вод. И результаты этих исследований часто не утешительны. На территории России находится большое количество речных систем и озер, что обозначает важность изучения пресноводных гидробионтов (в частности рыб), как организмов, принимающих на себя первый удар от загрязнения водоемов микропластиком [3]. Помимо этого рыбы являются важной частью пищевой цепи, так как выступают пищей для более крупных рыб, птиц и млекопитающих (в том числе человека) [1].

Потребление гидробионтами микропластика имеет накопительный эффект

для всей трофической цепи и может негативно влиять на физиологические процессы в живых организмах. Например, вызывать ложное чувство насыщения, кишечную непроходимость, травматизацию ЖКТ и т. д. [4; 5]. Также микропластик является адсорбирующим веществом, а следовательно, способствует накоплению тяжелых металлов, токсинов и патогенных микроорганизмов [6].

Целью данного исследования является систематизация данных о содержании микропластика в пресноводных рыбах на территории России, анализ используемых методик обнаружения микропластика.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследования являются методики и научные работы различных авторов по определению загрязнения пресноводных рыб частицами микропластика в реках России. Основной метод исследования – аналитический.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе проанализированных исследований определен алгоритм действий, который используется в большинстве исследовательских работ, посвященных определению микропластика в пресноводных рыбах. Он состоит из следующих этапов:

1. Отлов рыбы осуществляется при помощи специализированных рыбных сетей.
2. Измерение некоторых параметров рыбы: вид, вес, размер, возраст, пол особи и т. д. Эти данные могут представлять практическую ценность для дальнейших исследований данной проблемы.
3. Препарирование рыб и выделение исследуемых органов.
4. Высушивание выделенного исследуемого материала.
5. Просеивание. Уже высушенный материал просеивается через сито 5 мм.

6. Удаление органических примесей. Для определения микропластика в организмах рыб необходимо избавиться от органических примесей. Для этого возможно применение лабораторного метода анализа микропластика в морской среде: «Рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA)», так как в данной методике для этих целей применяется перекись водорода (37 %), в качестве катализатора выступает Fe (II). Также в некоторых работах для этого процесса используется гидроксид калия (KOH) [7; 8].

7. Отделение микропластика от посторонних частиц. При помощи сепаратора необходимо разделить оставшиеся фрагменты, не относящиеся к микропластику, раствором NaCl. После разделения микропластик собирается на фильтр и высушивается для дальнейшего изучения частиц под микроскопом [9].

Обработанный исследуемый материал далее можно изучить при помощи следующих методов:

1. Микроскопия: световая и люминесцентная (с использованием красителя Нильский красный).

2. Пиролитическая газовая хромато-масс-спектрометрия.

3. Инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR).

4. Рамановская спектроскопия или спектроскопия комбинированного рассеивания.

Микроскопия может проводиться с использованием фазово-контрастного микроскопа. Выделенный из отобранных образцов микропластик помещается на предметное стекло, на которое после добавляется флуоресцирующий краситель Нильский красный (концентрация 10 мг/л), растворенный в н-гексане. Время экспозиции составляет 10 минут. Далее исследуемый образец изучается под мик-

роскопом с флуоресцентным фильтром. Данный способ является экспресс-методом. С его помощью можно определить морфологические характеристики микропластика. Не все полимерные материалы способны к окрашиванию данным красителем. Препятствовать окрашиванию также может наличие биопленки. Данный метод позволяет определить лишь качественные характеристики микропластика, без определения его химического состава. Также полнота исследования может зависеть от разрешающей способности используемого микроскопа [10].

Определение полимерного состава микропластика может осуществляться следующими методами: пиролитическая газовая хромато-масс-спектрометрия, инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR), рамановская спектроскопия (спектроскопия комбинированного рассеивания).

Пиролиз-газовая хромато-масс-спектрометрия имеет преимущество в том, что не зависит от размера частиц. Также отсутствует необходимость в особой подготовке исследуемых образцов. Недостатком метода является деструкция образцов в ходе анализа и невозможность получения информации о размере и форме частиц МП [11].

ИК-Фурье спектроскопия подходит для исследования частиц размером от 10 мкм. Этот метод также является недорогим, в сравнении с другими, а само оборудование достаточно компактным. ИК-Фурье спектрометр с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения – НПВО (ATR – Attenuated Total Reflection) дает возможность получить ИК спектр материала, просто прижимая образец к прозрачному кристаллу, обычно алмазу. Диаметр алмаза составляет пару миллиметров, и его не нужно полностью покрывать образцом, что делает его идеальным для анализа образцов в этом диапазоне размеров [11].

Спектроскопия комбинированного рассеивания является более дорогим методом качественного исследования микропластика. Однако он позволяет исследовать частицы размером до 1 мкм и менее. Данное преимущество достигается за счет того, что в спектроскопии комбинационного рассеяния используются лазеры с субмикронной длиной волны, и, таким образом, они позволяют исследовать частицы меньших размеров. Также недостатком этого метода является флуоресценция, так как некоторые образцы флуоресцируют при облучении лазером, что может подавить полезный аналитический сигнал комбинационного рассеяния [12; 13].

На основе анализа научных публикаций по микропластику в пресноводных экосистемах в отечественной библиографической базе данных научного цитирования eLIBRARY.ru было выяснено, что количество и уровень исследований с каждым годом продолжают расти, но все еще недостаточен для масштабной оценки уровня загрязнения пресноводных рыб микропластиком. Было проанализировано 9 исследований, в которых упомина-

лась тема определения микропластика в пресноводных гидробионтах.

Работы проводились на следующих территориях: озеро Байкал (южная котловина: пос. Листвянка, пос. Большие Коты, пос. Большое Голоустное) [1]; р. Меша (правый приток Камы, впадает в Камский залив Куйбышевского водохранилища, Респ. Татарстан) [2]; озеро Белое и Рыбинское водохранилище, расположенное в притоках реки Волги: р. Шексна и р. Молога (бассейн Верхней Волги, Вологодская область) [7]; р. Томь (приток р. Обь, Томская область) [8]; р. Нижняя Тунгуска (приток р. Енисей, Томская область) [14]; река Мотовилиха (приток р. Кама, г. Пермь) [15]; р. Нева (впадает в Балтийское море, г. Санкт-Петербург) [16]; а также воды Нижнего Дона и Цимлянского водохранилища (являются частью системы реки Дон, Ростовская область) [17]. Но не во всех этих работах пресноводные рыбы являлись главным объектом исследования, поэтому уровень изученности данной проблемы в некоторых исследованиях недостаточен для сравнительной характеристики.

Таблица 1
 Сравнение содержания микропластика в рыбах рек Томь и Нижняя Тунгуска, озера Белое и Рыбинского водохранилища

Table 1
 Comparison of microplastic content in fish of the Tom and Nizhnyaya Tunguska rivers, lakes Beloe and Rybinsk reservoir

Водоем	Исследуемый вид	Особи с микропластиком, %
р. Томь (приток Оби)	Окунь речной (<i>Perca fluviatilis</i> L.)	75
	Елец обыкновенный (<i>Leuciscus leuciscus</i> L.)	45
р. Нижняя Тунгуска (приток Енисея)	Елец обыкновенный (<i>Leuciscus leuciscus</i> L.)	75 (среднее течение)
		43 (устье)
оз. Белое, Рыбинское водохранилище (бассейн Верхней Волги)	Синец (<i>Ballerus ballerus</i> L.)	31,5
	Чехонь (<i>Pelecus cultratus</i> L.)	50

В части данных работ указано, что для исследования использовались следующие органы: органы ЖКТ [2; 7; 8; 14; 15], дыхательного аппарата [2], мускулатура [15; 16]. В остальных работах данная информация не уточнена [1; 17].

Особенно подробно проблема содержания микропластика в пресноводных рыбах изучена в Западной Сибири и водах Вологодской области [7; 8; 14].

В реке Томь были изучены особи окуня речного (*Perca fluviatilis* L.) и ельца обыкновенного (*Leuciscus leuciscus* L.). По данным исследования, микропластик был обнаружен в 75 % особях окуня и в 45 % ельца [8].

В притоке Енисея (р. Нижняя Тунгуска) был изучен только елец обыкновенный (*Leuciscus leuciscus* L.). Однако в этом исследовании было отмечено, что более высокое содержание микропластика было у особей, обитающих в среднем течении реки (75 %), а у обитающих в устье всего 43 % [14].

В бассейне Верхней Волги (оз. Белое, Рыбинское водохранилище) были исследованы особи синца (*Ballerus ballerus* L.) и чехони (*Pelecus cultratus* L.). Частицы микропластика были выявлены в 31,5 % особей синца и в 50 % особей чехони [7] (табл. 1).

Результаты данных исследований показывают уровень загрязнения мик-

ропластиком вод рек Оби и Енисея, озера Белое. Данные показатели могут являться тревожным знаком, указывающим на распространение загрязнителя. Особенно в отношении более высокого содержания микропластика, наблюдаемого у рыб из среднего течения реки Нижняя Тунгуска, что предполагает потенциал увеличения накопления его в этих областях.

В Тамбовской области исследования по определению содержания микропластика в водных объектах, донных отложениях или в гидробионтах не проводились. В нашем регионе исследуется содержание различного рода загрязнителей в водотоках и водоемах при помощи химического анализа [18–21] и методами биоиндикации [22; 23].

ВЫВОДЫ

Таким образом, влияние микропластика на пресные воды России продолжает оставаться актуальной проблемой. Научные статьи и исследования данной темы продолжают появляться, но все еще в недостаточном объеме, чтобы дать полную оценку негативному влиянию на гидробионты и распространению микропластика в пресноводных водах России.

Список источников

1. Бирицкая С.А., Долинская Е.М., Масленникова М.А. и др. Загрязнения вод микропластиком над литоральной зоной в южной котловине озера Байкал // Байкальский зоологический журнал. 2020. № 2 (28). С. 29-32. <https://elibrary.ru/yponna>
2. Степанова Н.Ю., Шевчук К.А., Кузьмин Л.С., Гайсин А.Р. Содержание микропластика в абиотических и биотических компонентах Мешинского залива (Республика Татарстан) // MicroPlastics Environment-2022: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием по загрязнению окружающей среды микропластиком. Шири: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 38-41.
3. Skalska K., Ockelford A., Ebdon J.E., Cundy A.B. Riverine microplastics: behaviour, spatio-temporal variability, and recommendations for standardised sampling and monitoring // Journal of Water Process Engineering. 2020. Vol. 38. Art. 101600. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101600>

4. *Walkinshaw C., Lindeque P.K., Thompson R., Tolhurst T., Cole M.* Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. Vol. 190. Art. 110066. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110066>
5. *Тропин Н.Ю.* Пищевые стратегии пресноводных рыб и потребление ими микропластика // *MicroPlastics Environment-2022: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием по загрязнению окружающей среды микропластиком*. Шира: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 106-109. <https://elibrary.ru/pjnazu>
6. *Синицына О.О., Еремин Г.Б., Турбинский В.В., Пушкарева М.В. и др.* Микропластик в воде – новый фактор риска здоровью // *Анализ риска здоровью-2023: материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. Пермь: Перм. нац. исслед. политех. ун-т, 2023. Т. 1. С. 32-38. <https://elibrary.ru/gcmthr>
7. *Рахматуллина С.Н., Тропин Н.Ю., Воробьев Д.С., Франк Ю.А.* Количественный учет микропластика в ЖКТ карповых рыб в водоемах Вологодской области // *Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды: приземный климат, загрязняющие и климатические активные вещества: материалы III Всерос. науч. конф. с междунар. участием*. Москва, 2023. С. 289-293. <https://elibrary.ru/rtdwpy>
8. *Рахматуллина С.Н., Лемешко Я.Р., Воробьев Е.Д. и др.* Детекция микропластика в желудочно-кишечном тракте пресноводных рыб на примере обитателей речной системы Оби // *MicroPlastics Environment-2022: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием по загрязнению окружающей среды микропластиком*. Шира: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 24-28. <https://elibrary.ru/csvifr>
9. Masura J.E., Baker J.E., Foster G. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments // NOAA Technical Memorandum. 2015. The USA, 39 p.
10. *Хлыстов И.А. и др.* Обнаружение частиц микропластика в водной среде методом окрашивания // *Гигиена и санитария*. 2023. Т. 102. № 11. С. 1251-1254. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1251-1254>, <https://elibrary.ru/gufozh>
11. Проблема идентификации микропластика методами молекулярной спектроскопии // *Пластические массы / пер. с англ.* Т.Б. Кимстач, С.В. Тихомиров. 2020. № 7-8. С. 23-27. <https://elibrary.ru/wlmoop>
12. *Пахомова С.В. и др.* Методы исследования загрязнения микропластиком природных вод: современное состояние и рекомендации // *Океанологические исследования*. 2024. Т. 52. № 1. С. 80-120. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).5](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).5), <https://elibrary.ru/euabee>
13. *Казак Е.С., Филимонова Е.А., Преображенская А.Е.* Микро- и нанопластик в природных водах России и проблемы его определения // *Вестник Московского университета. Серия 4: Геология*. 2022. № 6. С. 110-123. <https://elibrary.ru/debprm>
14. *Франк Ю.А., Воробьев Е.Д., Трифонов А.А., Лемешко Я.Р., Воробьев Д.С.* Загрязнение речной экосистемы микропластиком на примере притока Енисея, р. Нижняя Тунгуска // *MicroPlastics Environment-2022: материалы I Всерос. конф. с междунар. участием по загрязнению окружающей среды микропластиком*. Шира: Изд-во Томск. гос. ун-та, 2022. С. 95-100. <https://elibrary.ru/gwnees>
15. *Пепеляева А.Д., Бакланов М.А., Михеев П.Б.* Подходы к оценке аккумуляции микропластика в рыбах, населяющих водные объекты Пермского Прикамья // *Фундаментальные и прикладные аспекты биологии: сб. ст. по материалам междунар. конф. ученых-биологов*. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2024. С. 355-358. <https://elibrary.ru/mmmzubl>
16. *Доценко Т.Ю., Салова М.С.* Определение количества микропластика, найденного в *Osmerus eperlanus*, выловленной в реке Нева // *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2023. № 4. С. 148-150. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.4.148>, <https://elibrary.ru/xivafs>
17. *Анциферова М.А.* Микропластик в поверхностных водах Нижнего Дона и Цимлянского водохранилища // *Наука Юга России: достижения и перспективы: тезисы докладов XX Всерос. ежегод. молодеж. науч. конф. с междунар. участием*. Ростов-на-Дону: Южн. науч. центр РАН, 2024. С. 69. <https://elibrary.ru/ldbplkl>

18. Дудник С.Н., Буковский М.Е., Колкова К.С. Оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Тамбовской области // Экология речных бассейнов: труды 7 Междунар. науч.-практ. конф. Владимир: Владимир. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2013. С. 54-57.
19. Буковский М.Е., Суровикина И.В. Динамика индекса загрязненности вод в реке Битюг на пограничном створе с Воронежской областью у села Б. Самовец // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сб. тезисов докладов II Всерос. конкурса науч. докладов студентов. Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 2014. С. 105-106.
20. Буковский М.Е., Коломейцева Н.Н. Оценка влияния реки Лесной Тамбов на экологическое состояние реки Цны // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2010. № 7-9 (30). С. 9-13. <https://elibrary.ru/muifiv>
21. Таланов К.А., Игнаткова Е.О., Непрокина К.С. Основные загрязнители р. Цны выше и ниже по течению от г. Тамбова // География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2024. С. 61-64. <https://elibrary.ru/londal>
22. Буковский М.Е., Коломейцева Н.Н., Клоков А.Ю., Олейников А.А. Оценка качества воды поверхностных водотоков бассейна реки Цны с применением методов биоиндикации // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. Т. 16. № 2. С. 638-642. <https://elibrary.ru/ntocbp>
23. Буковский М.Е., Коломейцева Н.Н. Сапробность рек на участках с различной антропогенной нагрузкой в годы разной водности // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 368-373. <https://elibrary.ru/rwrddpp>

References

1. Biritskaya S.A., Dolinskaya E.M., Maslennikova M.A., et al. (2020). Water pollution by microplastics over the littoral zone in the southern basin of lake Baikal. *Baikal'skii zoologicheskii zhurnal*, vol. 2 (28), pp. 29-32. (In Russ.) <https://elibrary.ru/yponna>
2. Stepanova N.Yu., Shevchuk K.A., Kuz'min L.C., Gaisin A.R. (2022). Microplastic content in abiotic and biotic components of the Mesha Bay (Republic of Tatarstan). *Materialy I Vserossijskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po zagryazneniyu okruzhayushchei sredy mikroplastikom «MicroPlastics Environment-2022» = Proceedings of the First All-Russian Conference with International Participation on Environmental Pollution by Microplastics “MicroPlastics Environment-2022”*. Shira, Tomsk State University Publ., pp. 38-41. (In Russ.)
3. Skalska K., Ockelford A., Ebdon J.E., Cundy A.B. (2020). Riverine microplastics: behaviour, spatio-temporal variability, and recommendations for standardised sampling and monitoring. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 38, art. 101600. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101600>
4. Walkinshaw C., Lindeque P. K., Thompson R., Tolhurst T., Cole M. (2019). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 190, art. 110066. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110066>
5. Tropin N.Yu. (2022). The food strategies of freshwater fish and their consumption of microplastics. *Materialy I Vserossijskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po zagryazneniyu okruzhayushchei sredy mikroplastikom «MicroPlastics Environment-2022» = Proceedings of the First All-Russian Conference with International Participation on Environmental Pollution by Microplastics “MicroPlastics Environment-2022”*. Shira, Tomsk State University Publ., pp. 106-109. (In Russ.) <https://elibrary.ru/pjnazu>
6. Sinitsyna O.O., Eremin G.B., Turbinskii V.V., Pushkareva M.V. et al. (2023). Microplastics in water – a new health risk factor. *Materialy XIII vserossijskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Analiz riska zdorov'yu-2023» = Proceedings of 13th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation “Health Risk Analysis-2023”*. Perm, Perm National Research Polytechnic University, vol. 1, pp. 32-38. (In Russ.) <https://elibrary.ru/gcmthr>

7. Rakhmatullina S.N., Tropin N.Yu., Vorob'ev D.S., Frank Yu.A. (2023). Quantitative accounting of microplastics in the gastrointestinal tract of cyprinid fish in reservoirs of the Vologda region. *Materialy III Vserossijskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Monitoring sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchei sredy: prizemnyi klimat, zagryaznyayushchie i klimaticheskie aktivnye veshchestva» = Proceedings of the 3rd All-Russian Scientific Conference with International Participation “Monitoring of the State and Pollution of the Environment: Surface Climate, Pollutants and Climatic Active Substances”*. Moscow, pp. 289-293. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rtdwpy>
8. Rakhmatullina S.N., Lemeshko Ya.R., Vorob'ev E.D. et al. Detection of microplastics in the gastrointestinal tract of freshwater fish using the example of the inhabitants of the Ob river system. *Materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po zagryazneniyu okruzhayushchei sredy mikroplastikom «MicroPlastics Environment-2022» = Proceedings of the First All-Russian Conference with International Participation on Environmental Pollution by Microplastics “MicroPlastics Environment-2022”*. Shira, Tomsk State University Publ., pp. 24-28. (In Russ.) <https://elibrary.ru/csvifr>
9. Masura J.E., Baker J.E., Foster G. (2015). Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. *NOAA Technical Memorandum*. The USA, 39 p.
10. Khlystov I.A., Bushueva T.V., Gribova Yu.V., Khar'kova P.K. et al. (2023). Detection Of Microplastics Particles in the Aquatic Environment by Staining. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*, vol. 102, no. 11, pp. 1251-1254. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-11-1251-1254>, <https://elibrary.ru/gufozh>
11. (2020). Guide to the identification of microplastics by FTIR and Raman spectroscopy. *Plasticheskie massy*, no. 7-8, pp. 23-27. (In Russ.)
12. Pakhomova S.V. Ershova A.A., Zhdanov I.A., Yakushev E.V. (2024). Methods for studying microplastic pollution in natural waters: current state and recommendations. *Okeanologicheskie issledovaniya = Journal of Oceanological Research*, vol. 52, no. 1, pp. 80-120. (In Russ.) [https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52\(1\).5](https://doi.org/10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(1).5), <https://elibrary.ru/euabee>
13. Kazak E.S., Filimonova E.A., Preobrazhenskaya A.E. (2022). Microand Nanoplastics Pollution in the Aquatic Environments in Russia and Detection Problems. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4: Geologiya = Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seria 4: Geologia*, no. 6, pp. 110-123. (In Russ.) <https://elibrary.ru/debprm>
14. Frank Yu.A., Vorob'ev E.D., Trifonov A.A., Lemeshko Ya.R., Vorob'ev D.S. (2022). The study of microplastic pollution in the river ecosystem, using the Lower Tunguska River as a case study, a tributary of the Yenisei River. *Materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po zagryazneniyu okruzhayushchei sredy mikroplastikom «MicroPlastics Environment-2022» = Proceedings of the First All-Russian Conference with International Participation on Environmental Pollution by Microplastics “MicroPlastics Environment-2022”*. Shira, Tomsk State University Publ., pp. 95-100. (In Russ.) <https://elibrary.ru/gwnees>
15. Pepelyaeva A.D., Baklanov M.A., Mikheev P.B. (2024). Methodological solutions for the assessment of the accumulation of microplastics in the fishes of the Perm krai. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty biologii = Collection of Articles “Fundamental and Applied Aspects of Biology”*. Perm, Perm State National Research University Publ., pp. 355-358. (In Russ.) <https://elibrary.ru/mmzubl>
16. Dotsenko T.Yu., Salova M.S. (2023). Determination of the Amount of microplastic found in *Osmerus Eperlanus* caught in the Neva river. *Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii = Legal Regulation in Veterinary Medicine*, no. 4, pp. 148-150. (In Russ.) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.4.148>, <https://elibrary.ru/xivafs>
17. Antsiferova M.A. (2024). Microplastics in the surface waters of the Nizhny Don and Tsimlyansk reservoirs. *Tezisy dokladov XX Vserossiyskoy ezhegodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Nauka Yuga Rossii: dostizheniya i perspektivy» = Abstracts of the 20th All-Russian Annual Youth Scientific Conference with International Participation “Science of*

- the South of Russia: Achievements and Prospects*". Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences Publ., p. 69. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ldbplk>
18. Dudnik S.N., Bukovskii M.E., Kolkova K.S. (2013). Assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Tambov region. *Trudy 7 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologiya rechnykh basseinov» = Ecology of river basins: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference "Ecology of River Basins"*. Vladimir, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs Publ., pp. 54-57. (In Russ.)
 19. Bukovskii M.E., Surovikina I.V. (2014). Dynamics of the water pollution index in the Bitug river at the border with the Voronezh region near the village of B. Samovets. *Sbornik tezisev dokladov II Vserossiyskoi konkursa nauchnoi dokladov studentov «Funktional'nye materialy: razrabotka, issledovanie, primenenie» = Collection of Abstracts of 2nd All-Russian Competition of Scientific Students' Abstracts "Functional Materials: Development, Research, Application"*. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., pp. 105-106. (In Russ.)
 20. Bukovskii M.E., Kolomeitseva N.N. (2010). Assessment of the impact of the lesnoy Tambov river on the ecological status of the Tsna river. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo = Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, no. 7-9 (30), pp. 9-13. (In Russ.) <https://elibrary.ru/muifiv>
 21. Talanov K.A., Ignatkova E.O., Neprokina K.S. (2024). The main pollutants of the tsna river upstream and downstream from Tambov. *Materialy XII Vserossiyskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Geografiya, ekologiya, turizm: nauchnyi poisk studentov i aspirantov» = Proceedings of 12th All-Russian Scientific and Practical Conference "Geography, Ecology, Tourism: Scientific Search for Students And Postgraduates"*. Tver, Tver State University Publ., pp. 61-64. (In Russ.) <https://elibrary.ru/londal>
 22. Bukovskii M.E., Kolomeitseva N.N., Klokov A.Yu., Oleinikov A.A. (2011). Estimation of water quality of drains of Tsna river pool using of bioindication methods. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, vol. 16, no. 2, pp. 638-642. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ntocbp>
 23. Bukovskii M.E., Kolomeitseva N.N. (2013). River saprobity on sites with various anthropogenic pressures in years with various water availabilities. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal = Povolzhskiy Journal of Ecology*, no. 4, pp. 368-373. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rwrddp>

Информация об авторах

Зиновьева Татьяна Игоревна, студентка института новых технологий и искусственного интеллекта, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Непрокина Ксения Сергеевна, студентка института новых технологий и искусственного интеллекта, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, kolkova-kseniya@mail.ru

Горденкова Татьяна Николаевна, студентка института новых технологий и искусственного интеллекта, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, tanygor18@gmail.com

Information about authors

Tatyana I. Zinovieva, Student of Institute of New Technologies and Artificial Intelligence, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation, zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Ksenia S. Neprokina, Student of Institute of New Technologies and Artificial Intelligence, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation, kolkova-kseniya@mail.ru

Tatyana N. Gordenkova, Student of Institute of New Technologies and Artificial Intelligence, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation, tanygor18@gmail.com

Статья поступила в редакцию / The article was submitted 30.11.2024

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing 27.01.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 03.03.2025