

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 504.4.054



Содержание частиц микропластика в водах реки Цны выше и ниже по течению от впадения реки Лесной Тамбов

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. Рассмотрено содержание частиц микропластика в реке Цне выше и ниже по течению от впадения в нее реки Лесной Тамбов около села Кузьмино-Гать в Тамбовской области. Описана применяемая методика подготовки проб к исследованию, а также используемые методы обнаружения частиц. По результатам исследования даны количественные и качественные характеристики обнаруженных частиц микропластика. Всего обнаружено частиц микропластика – 101 шт. Размер – 0,1–5 мм. Основной вид – волокна. Цвет разнообразен.

Ключевые слова: микропластик, реки, река Цна, загрязнение рек

Для цитирования: Зиновьева Т.И., Непрокина К.С., Горденкова Т.Н. Содержание частиц микропластика в водах реки Цны выше и ниже по течению от впадения реки Лесной Тамбов // Державинский форум. 2025. Т. 9. № 3. С. 381-389.

ORIGINAL ARTICLE

UDC 504.4.054

The content of microplastic particles in the waters of the Tsna River upstream and downstream from the confluence of the Lesnoy Tambov River

Татьяна И. ЗИНОВЬЕВА , Ксения С. НЕПРОКИНА, Татьяна Н. ГОРДЕНКОВА

Derzhavin Tambov State University

33 Internatsionalnaya St., Tambov, 392000, Russian Federation

zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Abstract. The content of microplastic particles in the Tsne River upstream and downstream from the confluence of the Lesnoy Tambov River near the village of Kuzminogat in the Tambov region is considered. The applied method of sample preparation for the study is described, as well as the methods used for particle detection. Based on the results of the study, quantitative and qualitative characteristics of the detected microplastic particles are given. A total of 101 microplastic particles were detected. The size is 0.1–5 mm. The main type is fibers. The color is varied.

Keywords: microplastics, rivers, Tsna River, river pollution

For citation: Zinovieva, T.I., Neprokina, K.S., & Gordenkova, T.N. (2025). The content of microplastic particles in the waters of the Tsna River upstream and downstream from the confluence of the Lesnoy Tambov River. *Derzhavinskii forum = Derzhavin Forum*, vol. 9, no. 3, pp. 381–389.

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни активно производятся различные изделия, содержащие пластик. Он широко распространен благодаря своим качествам: легкость, пластичность, устойчивость к коррозии, низкая стоимость и т. д. Поэтому многие производители и потребители в различных областях отдают предпочтение данному материалу.

Однако многие исследователи обращают внимание на проблему его утилизации и переработки, а также влияния пластика на различные экосистемы [1; 2]. Вытекающей проблемой является загрязнение частицами пластика окружающей среды. Особую тревожность вызывают его фракции малых размеров, способные проникать в живые организмы и называемые микропластиком.

Термин «микропластик» (МП) впервые был введен около 20 лет назад профессором Ричардом Томпсоном, морским биологом из Плимутского университета в Соединенном Королевстве в статье под названием «Потерянные в море. Где же весь пластик?» [3]. Но в его работе нет четкого определения частицы пластика какого размера считаются микропластиком. До недавнего времени в научном мире было принято считать микропластиком частицы пластика размером менее 5 мм. В 2023 г. международным стандартом ISO 24187 «Принципы анализа микропластика, присутствующего в окружающей среде» утверждено, что микропластик – это любая твердая пластиковая частица, нерастворимая в воде, размером от 0,001 до 5 мм¹.

Водная среда крайне подвержена антропогенной нагрузке, которая может привести к негативному влиянию на живые организмы, обитающие в ней. Реки вблизи населенных пунктов подвержены более высокому загрязнению, что требует постоянного мониторинга множества параметров.

Гидробионты, живя непосредственно в водной среде, подвержены воздействию загрязнений в первую очередь. Проводятся различные исследования, в которых ученые рассматривают влияние МП на водные организмы. Изучают его воздействие на простейших [4; 5], планктонных ракообразных [6; 7], моллюсков [8; 9] и рыб [10–12].

Река Цна является самой большой на территории Тамбовской области. Являясь левым притоком Мокши (бассейн Волги), она протекает в следующих районах Тамбовской области: Сампурский, Знаменский, Тамбовский, Сосновский, Моршанский. Начинается у с. Бахарево в районе Мокрой Вершины на высоте 185–190 м на самых юго-западных отрогах Приволжской (Керенско-Чембарской) возвышенности и течет на север, принимая несколько десятков средних и мелких притоков. Цна собирает воду с площади 21500 км² (из них 14200 км², или 42,8 % в Тамбовской области) [13].

Оценка качества вод реки Цны проводится различными государственными и негосударственными организациями и исследователями. Среди организаций ведущую роль играет Тамбовский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Цен-

¹ ISO 24187 Principles for the analysis of microplastics present in the environment: International standard:

Effective date: 09.20.2023 // The International Organization for Standardization. Switzerland, 2023. P. 7.

трально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Среди исследователей можно отметить М.Е. Буковского, С.Н. Дудника, К.А. Кузьмина, Н.Н. Коломейцеву и др. Их работы посвящены разнообразному спектру методов оценки качества воды [14–18].

Загрязненность реки Цны частицами микропластика в настоящий момент пока не изучена. Лесной Тамбов является одним из крупных притоков Цны. Длина 91 км, площадь бассейна 1610 км². На Лесном Тамбове образовано самое крупное в области водохранилище,званное улучшить санитарное состояние реки Цны у областного центра в летнее время [13].

Исходя из вышеизложенного, актуальность работы представляется очевидной, а целью является определение содержания частиц микропластика в реке Цне выше и ниже по течению от места впадения в нее реки Лесной Тамбов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом исследования стала вода, отобранная выше и ниже по течению от места впадения в реку Цну реки Лесной Тамбов (рис. 1). Дата отбора проб приходится на декабрь 2024 г. Створ 1 расположен выше по течению от места впадения реки Лесной Тамбов в Цну, створ 2 – ниже по течению.

Отбор проб воды осуществлялся при помощи сачка из металлической нержавеющей сетки (размер ячейки – 40 мкм). Пробу отбирали в поверхностном слое реки – около 15–20 см. Объем каждой пробы составляет 2 м³.

Исследование основывалось на методике «Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных

отложениях (программа исследования морского мусора NOAA) [19].

Согласно данной методике, мы использовали следующие этапы подготовки проб к дальнейшим исследованиям:

- смыв материала с сетей дистиллированной водой;
- удаление из пробы органической фракции при помощи концентрированной перекиси водорода (в качестве катализатора выступает Fe (II));
- добавление хлорида натрия, необходимого для полостного разделения;
- сбор надосадочной жидкости и ее высушивание в сушильном шкафу при температуре 90 °C.

После вышеизложенных этапов пробоподготовки пробы готова к дальнейшим исследованиям. Обнаружение частиц микропластика в пробах проводили методом световой микроскопии (микроскоп Levenhuk (40-кратное увеличение)). Определение частиц МП осуществляли при помощи руководства по визуальной идентификации и классификации пластиковых частиц [20].

Для качественного определения частиц микропластика применялся метод «горячей иглы» [21]. В качестве иглы был использован паяльник с заточенным стержнем (пятно контакта с поверхностью составило 0,5 мм).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе проведенного исследования были получены данные, представленные в таблице 1.

Представленные в таблице 1 данные показывают, что в пробе, отобранной выше по течению (створ 1), число частиц микропластика практически в 5 раз больше, чем в пробе, отобранной ниже по течению (створ 2).

Цвет частиц достаточно разнообразен в обеих пробах. Ниже по течению от



Рис. 1. Кarta-схема отбора проб
Fig. 1. Sampling chart map

Среднее содержание частиц микропластика в пробах воды
 Average content of microplastic particles in water samples

Таблица 1

Table 1

Место отбора пробы	Количество частиц, шт.	Вид частиц, шт.	Цвет частиц, шт.	Размер частиц, мм
Створ 1	85	Волокно – 72 Пленка – 3 Фрагменты – 17	Белый – 38 Черный – 5 Зеленый – 4 Синий – 21 Красный – 24	0,1–5,0
Створ 2	16	Волокно – 15 Фрагменты – 1	Белый – 3 Черный – 6 Зеленый – 1 Синий – 5 Красный – 1	0,2–3,5

впадения р. Лесной Тамбов преобладают частицы черного и синего цвета. Выше по течению наибольшее количество

представлено белым, красным и синим цветами. В пробе, отобранный выше по течению, более широкий размерный

диапазон частиц микропластика, чем в пробе на нижнем створе: от 0,1 до 5 мм и от 0,2 до 3,5 мм соответственно.

ВЫВОДЫ

Результаты проделанной работы говорят о том, что воды реки Цны на створе ниже по течению от места впадения реки Лесной Тамбов загрязнены части-

цами микропластика значительно меньше, чем на створе выше по течению.

Это дает нам возможность предположить, что воды реки Лесной Тамбов способствуют снижению концентрации частиц микропластика в реке Цне. Однако достоверность данного предположения требуется проверить в ходе дополнительных исследований.

Список источников

1. Сперанская О., Понизова О., Цитцер О., Гурский Я. Пластик и пластиковые отходы в России: ситуация, проблемы и рекомендации / Международная Сеть по Ликвидации Загрязнителей. 2021. 92 с.
2. Чикунова В.В., Стуженко Н.И. Проблемы утилизации пластиковых отходов и их возможные решения // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021): сб. материалов Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием. Москва, 2021. Ч. 5. С. 247-250. <https://elibrary.ru/syumi>
3. Thompson R.C. et al. Lost at sea: where is all the plastic? // Science. 2004. Vol. 304. № 5672. P. 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
4. Рауэн Т.В., Муханов В.С., Баяндина Ю.С., Лях А.М. Влияние микропластика на пищевую и двигательную активность динофлагелляты *Oxyrrhis marina* в эксперименте // Биология внутренних вод. 2024. Т. 17. № 2. С. 296-307. <https://doi.org/10.31857/S0320965224020088>, <https://elibrary.ru/xtgdhh>
5. Рауэн Т.В., Муханов В.С., Аганесова Л.О. Потребление частиц микропластика гетеротрофной динофлагелляты *Oxyrrhis marina* // Морской биологический журнал. 2023. Т. 8. № 1. С. 64-75. <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.1.06>, <https://elibrary.ru/khhks1>
6. Хотянович Ю.Н. Влияние основных типов пластика в различных фракциях на *Daphnia cristata* G. O. SARS, 1862 методом биотестирования // Материалы 79 науч. конф. студентов и аспирантов Белорус. гос. ун-та: в 3 ч. Минск: Белорус. гос. ун-т, 2022. Ч. 1. С. 130-133. <https://elibrary.ru/iphisoc>.
7. Никитин О.В., Насырова Э.И., Кузьмин Р.С. и др. Влияние частиц микропластика полистирола на морфологические и функциональные показатели *Daphnia magna* // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 196-203. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-4-196-203>, <https://elibrary.ru/jfysuh>
8. Шевчук К.А., Шаронова В.А., Миннегулова Л.М., Степанова Н.Ю. Оценка содержания и характеристика микропластика в моллюсках Куйбышевского водохранилища в районе Камского устья // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: Вятский гос. ун-т, 2024. С. 337-342. <https://elibrary.ru/kacrol>
9. Карташев А.Г., Тулупова К.В. Выживаемость моллюсков при действии микропластика // Экология и управление природопользованием. Экологическая безопасность территорий (проблемы и пути решения): сб. науч. тр. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Вып. 4. Томск: ООО «Литературное бюро», 2021. С. 46-47. <https://elibrary.ru/vaphrz>
10. 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>

11. 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/rtdwpr>
12. 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>
13. Дудник Н.И. Реки Тамбовской области. Тамбов, 1991. 48 с.
14. 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>
15. 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>
16. Можаров А.В., Рязанов А.В., Дрожжина С.А. Анализ содержания загрязняющих веществ в воде реки Цны // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2009. Т. 14. № 1. С. 194-195. <https://elibrary.ru/kxfwut>
17. Петухов Б.Е., Липецких А.А., Сложенинина К.В. Влияние хозяйственной деятельности человека на реку Цну // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 1. С. 247-250. <https://elibrary.ru/rydatl>
18. 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: ТГУ, 2024. С. 61-64. <https://elibrary.ru/londal>
19. 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. <https://doi.org/10.25607/OBP-604>
20. Markley L.A.T., Driscoll C.T., Hartnett B. et al. Guide for the visual identification and classification of plastic particles. 2024. 37 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27505.45927>
21. Еришова А.А., Макеева Н.Н., Ясинский С.В. Микропластик в поверхностных и подземных водах крупного города в бассейне р. Волги (на примере Нижнего Новгорода) // Вопросы географии. 2023. № 157. С. 402-420. <https://doi.org/10.24057/probl.geogr.157.21>, <https://elibrary.ru/radfhn>

References

1. Speranskaya O., Ponizova O., Tsittser O., Gurskii Ya. (2021). *Plastic and plastic waste in Russia: the situation, problems, and recommendations*. International Pollutants Elimination Network Publ., 92 p.
2. Chikunova V.V., Stuzhenko N.I. (2021). Problems of plastic waste disposal and their possible solutions. *Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchnoi konferencii molodykh issledovatelei s mezhdunarodnym uchastiem «Innovatsionnoe razvitiye tekhniki i tekhnologii v promyshlennosti (INTEKS-2021)» = Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of Young Researchers with International Participation “Innovative Development of Machinery and Technology in Industry (INTEX-2021)»*. Moscow, pt. 5, p. 247-250. (In Russ.) <https://elibrary.ru/cyumii>

3. Thompson R.C. et al. (2004). Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, vol. 304, no. 5672, p. 838. <https://doi.org/10.1126/science.1094559>
4. Rauen T.V., Mukhanov V.S., Bayandina Yu.S. (2024). Influence of microplastics on the nutritional and locomotive activity of dinoflagellate *Oxyrrhis marina* in the experiment. *Biologiya vnutrennikh vod = Inland Water Biology*, vol. 17, no. 2, pp. 296-307. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0320965224020088>, <https://elibrary.ru/xtgdh>
5. Rauen T.V., Mukhanov V.S., Aganessova L.O. (2023). Ingestion of microplastics by the heterotrophic dinoflagellate *Oxyrrhis marina*. *Morskoi biologicheskii zhurnal = Marine Biological Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 64-75. (In Russ.) <https://doi.org/10.21072/mbj.2023.08.1.06>, <https://elibrary.ru/khhksl>
6. Khotyanovich Yu.N. (2022). The effect of the main types of plastic in various fractions on *Daphnia cristata* G. O. SARS, 1862 by biotesting. *Materialy 79 nauchnoi konferencii studentov i aspirantov Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta v 3 ch. = Proceedings of the 79th scientific conference of students and postgraduates of the Belarusian State University: in 3 pts*. Minsk, Belarusian State University Publ., pt. 1, pp. 130-133. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ipesoc>
7. Nikitin O.V., Nasyrova E.I., Kuzmin R.S. et al. (2022). Effects of polystyrene microplastic particles on the morphological and functional parameters of *Daphnia magna*. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya = Theoretical and Applied Ecology*, no. 4, pp. 196-203. (In Russ.) <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-4-196-203>, <https://elibrary.ru/jfycuh>
8. Shevchuk K.A., Sharonova V.A., Minnegulova L.M. et al. (2024). Assessment of the content and characterization of microplastics in the mollusks of the Kuibyshev reservoir near the Kama estuary. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekologiya rodnogo kraja: problemy i puti ikh resheniya» = Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Ecology of the Native Land: Problems and Ways to Solve them”*. Kirov, Vyatka State University Publ., pp. 337-342. (In Russ.) <https://elibrary.ru/kacrol>
9. Kartashev A.G., Tulupova K.V. (2021). The survival of shellfish under the influence of microplastics. *Sbornik nauchnykh trudov IV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Ekologicheskaya bezopasnost' territorii (problemy i puti resheniya), posvyashchennaya 25-letiyu kafedry ekologii, prirodopol'zovaniya i ekologicheskoi inzhenerii» = Collection of Scientific Articles of the 4th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation “Environmental Safety of Territories (Problems and Solutions), Dedicated to The 25th Anniversary of The Department of Ecology, Environmental Management and Environmental Engineering”*. Tomsk, Litburo Ltd., vol. 4, pp. 46-47. (In Russ.) <https://elibrary.ru/vaphrz>
10. Tropin N.Yu. (2022). The food strategies of freshwater fish and their consumption of microplastics. *Materialy I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po zagryazneniyu okruzhayushchey 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>
11. 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 Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Monitoring sostoianiya i zagryazneniya okruzhayushchey 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>
12. 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 okruzhayushchey sredy mikroplastikom «MicroPlastics Environment-2022»*. Shira, Tomsk State University Publ., pp. 106-109. (In Russ.) <https://elibrary.ru/pjnazu>

hayushchey 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>

13. Dudnik N.I. (1991). *Rivers of the Tambov Region*. Tambov, 48 p. (In Russ.)
14. 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>
15. 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>
16. Mozharov A.V., Ryazanov A.V., Drozhzhina S.A. (2009). The analysis of the content of polluting substances in the water of the River Tsna. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, vol. 14, no. 1, pp. 194-195. (In Russ.) <https://elibrary.ru/kxfwut>
17. Petukhov B.E., Lipetskikh A.A., Slozhenikina K.V. (2014). Impact of human activities on River Tsna. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki = Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, vol. 19, no. 1, pp. 247-250. (In Russ.) <https://elibrary.ru/rydatl>
18. Talanov K.A., Ignatkova E.O., Neprokina K.S. (2024). The main pollutants of the Tsna River upstream and downstream from Tambov. *Materialy XII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferencii «Geografiya, ekologiya, turizm: nauchnyi poisk studentov i aspirantov» = Proceedings of the 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>
19. 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. <https://doi.org/10.25607/OBP-604>
20. Markley L.A.T., Driscoll C.T., Hartnett B. et al. (2024). *Guide for the Visual Identification and Classification of Plastic Particles*. 37 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27505.45927>
21. Ershova A.A., Makeeva N.N., Yasinskii S.V. (2023). Microplastics in surface and ground waters of a large city in the Volga River basin (Nizhny Novgorod case study). *Voprosy geografii = Problems of Geography*, no. 157, pp. 402-420. (In Russ.) <https://doi.org/10.24057/probl.geogr.157.21>, <https://elibrary.ru/radfhn>

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 02.07.2025

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing 05.09.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 22.09.2025