



УДК 504.4.054 (470.326)
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2026.56.53>

Сезонная динамика содержания частиц микропластика в реке Цне у города Тамбова в 2024 году

М. Е. Буковский, К. С. Непрокина, Т. И. Зиновьева*

Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина, г. Тамбов, Россия

Аннотация. Проведена оценка сезонной динамики содержания частиц микропластика в р. Цне у г. Тамбова в 2024 г. Актуальность работы заключается в том, что исследуемая река является одной из самых протяженных рек Тамбовской области и протекает через ее областной центр – г. Тамбов. Река имеет важное хозяйственное и рекреационное значение. Известно, что антропогенное загрязнение рек усиливается в крупных населенных пунктах и зависит от различных факторов окружающей среды. Поэтому мониторинг микропластикового загрязнения р. Цны – важный элемент в исследовании антропогенной нагрузки на экосистему реки в целом. Подобная работа на изучаемом участке реки проводилась впервые. Частицы идентифицировались с помощью световой микроскопии с предварительной пробоподготовкой. Качественный анализ осуществлялся с помощью метода горячей иглы. В ходе исследования установлено, что р. Цна содержит в своих водах преимущественно мелкие фракции частиц микропластика и способна к самоочищению. Видовой состав частиц представлен преимущественно волокнами и фрагментами. Цветовой спектр микропластика достаточно разнообразен, но преобладающий цвет практически во всех пробах – белый, лишь на двух створах в осенних пробах – бесцветный.

Ключевые слова: микропластик, загрязнение рек, мониторинг качества воды, Цна, Тамбов.

Для цитирования: Буковский М. Е., Непрокина К. С., Зиновьева Т. И. Сезонная динамика содержания частиц микропластика в реке Цне у города Тамбова в 2024 году // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2026. Т. 56. С. 53–69. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2026.56.53>

Original article

Seasonal Dynamics of Microplastic Particles Content in the Tsna River Near the City of Tambov in 2024

M. E. Bukovskiy, K. S. Neprokina, T. I. Zinovieva*

Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation

Abstract. Microplastic pollution of rivers is a pressing issue of our time. In the environment, plastic does not decompose into simple and safe components. However, plastics can degrade under the influence of physical and chemical processes into small particles. These particles can penetrate the barrier mechanisms of living organisms, enter them and become cause of various diseases. Currently, some scientists are studying the effects of plastic particles on living organisms, while others are monitoring all living environments and food products for the presence of these particles. These are two research areas that should be conducted in parallel order to respond to the environmental problem of plastic pollution as effectively and quickly as possible. The Tambov region is an economically significant

region in Russia. The city of Tambov is the regional center and the largest city in the region. The Tsna River is one of the longest rivers in the Tambov region and flows through the city of Tambov. The river has great economic and recreational importance. Therefore, it is important to understand the extent to which the Tsna River is contaminated with microplastics. The purpose of our work is to determine the seasonal dynamics of the microplastic particle content in the Tsna River near the city of Tambov. The study used surface water samples from the Tsna River upstream and downstream of Tambov. The water samples were collected at five locations in July-August and November-December 2024. Water samples were collected using a metal stainless mesh net with a 40 μm mesh size. Each water sample had a volume of 2 m^3 . The water samples were analyzed using the «Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments (NOAA Technical Memorandum)». During the study, a number of measures were taken to prevent cross-contamination of the samples. The «blank sample» method was used to control sample contamination and ensure the quality of the analysis for microplastic particles during the microscopic examination stage. The qualitative analysis of microplastic particles was performed using the “hot needle” method. Based on our findings, we have made the following conclusions: the Tsna River is capable of self-purification, but it is affected by anthropogenic pollution from large cities and settlements located near the river; the Tsna River contains predominantly small fractions of microplastic particles in its waters; the species composition is represented mainly by fibers and fragments, which are potentially more dangerous than films, granules and spheres; the color spectrum of the detected microplastic particles is diverse, but the predominant colors are white and colorless.

Keywords: microplastics, river pollution, water quality monitoring, Tsna river, Tambov city.

For citation: Bukovskiy M.E., Neprokina K.S., Zinovieva T.I. Seasonal Dynamics of Microplastic Particles Content in the Tsna River Near the City of Tambov in 2024. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2026, vol. 56, pp. 53-69. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2026.56.53> (in Russian)

Введение

Реки – важнейший элемент гидросферы Земли. Они играют значимую роль в хозяйственной деятельности человека, являются средой обитания многочисленных видов живых организмов, оказывают влияние на экологическое состояние прибрежных зон Мирового океана [Догановский, Малинин, 2004].

Загрязнение рек – актуальная проблема современности. Хозяйственная деятельность человека наносит колоссальный вред рекам своими промышленными и канализационными сбросами непосредственно в них, а также загрязнением водосборных площадей различными видами отходов. Все это пагубно влияет на речные экосистемы в целом и несет опасность для жизни и здоровья людей [Влияние сельскохозяйственного ... , 2023; Пермякова, 2025; Jamur, 2024; Opара, 2024; Rakhmetova, Weisenova, Akpambetova, 2020].

Говоря о загрязнении рек, чаще всего подразумевают химическое или бактериологическое загрязнение. Это подтверждается различными нормативными документами по регулированию допустимых концентраций тех или иных веществ и микроорганизмов в речных экосистемах. К ним относятся, например, приказ Росрыболовства от 26 мая 2025 г. № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»¹, СанПиН

¹ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Росрыболовства от 26.05.2025 № 296 // КонсультантПлюс : справочная правовая система.

1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»².

Именно таким видам загрязнения до недавнего времени были посвящены научные работы [Химико-микробиологическая ... , 2020; Assessment ... , 2024; The effect ... , 2017]. Однако в последние годы оживленный интерес в научном мире вызывает загрязнение рек микропластиком. Впервые изучением этого вопроса занялись ученые-океанологи. Именно в океанах, как в аккумуляторах пластикового загрязнения, эта проблема привлекла к себе внимание [Lost ... , 2004]. Одним из основных источников загрязнения океанов являются реки [Хорохорина, Милованова, 2023].

В окружающей среде пластик не разлагается до простых и безопасных компонентов, которые могли бы включаться в естественные природные процессы [Пипия, Елкин, 2018]. Однако пластмассы способны деградировать под воздействием различных физико-химических явлений до мелких наночастиц [Комаров, 2023], способных преодолевать различные барьерные механизмы живых организмов и попадать в кровоток через дыхательную систему, органы ЖКТ и даже плаценту. Такие частицы с помощью высокоточного оборудования уже обнаружены в различных внутренних органах человека [Bioaccumulation ... , 2025]. Также есть сведения о том, что они способны вызывать воспалительные процессы и способствуют развитию заболеваний [Мамедов, Савчук, 2024].

Частицы микропластика, в отличие от наноразмерных форм, принято считать менее опасными. В первую очередь они поражают органы-мишени: ЖКТ и дыхательную систему. Среди негативных воздействий микропластика на живые организмы следует отметить механическое повреждение органов ЖКТ, адсорбцию на поверхности частиц микропластика других загрязняющих веществ (например, тяжелых металлов) и патогенных микроорганизмов [Влияние микро- ... , 2023], выделение из частиц пластика химических веществ различной степени токсичности (например, бисфенол-А, фталат, диоксин, метан и т. д.)³ [Impacts ... , 2024].

Таким образом, имеется множество доказательств, что микропластик оказывает негативное воздействие на живые организмы, но на данный момент все еще не ясно, какие именно концентрации могут быть опасными. Нормативные документы в этой области еще не разработаны, и их подготовка не рассматривается в ближайшей перспективе. В сентябре 2023 г. в Швейцарии впервые был утвержден международный стандарт ISO 24187:2023 «Принципы анализа микропластиков, присутствующих в окружающей среде», в котором официально дано определение, что же такое микропластик, хотя этот термин впервые был применен еще около 20 лет назад [Lost ... , 2004]. Согласно ISO 24187:2023⁴ микропластик – это частицы пластика размером от 0,001 до 5 мм.

² Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: постановление Гл. гос. сан. врача РФ от 28.01.2021 № 2 // Гарант: справочная правовая система.

³ Known Health Hazards of Plastics. URL: <https://www.keepergreen.org/known-healthhazards-of-plastics-1-7/> (дата обращения: 18.11.24).

⁴ ISO 24187:2023. Principles for the analysis of microplastics present in the environment. International standard: Effective date: 09.20.2023 / The International Organization for Standardization. First ed. Switzerland, 2023. P. 7.

Пока одни ученые изучают вопросы вреда мельчайших частиц пластика на живые организмы, другие занимаются мониторингом всех сред жизни и продуктов питания на предмет содержания этих частиц. И это два направления исследований, которые должны вестись параллельно для максимально эффективного и быстрого реагирования на экологическую проблему пластикового загрязнения.

Как только станет понятен вред микро- и нанопластиков для живых организмов, встанет вопрос о внедрении на фоне накопленных мониторинговых данных мер правового регулирования допустимых норм загрязнения, способов очистки выбросов и сбросов, методов снижения загрязнения.

Мониторингом микропластикового загрязнения рек занимаются ученые всего мира, в том числе и в России. Хотя территориальная равномерность таких исследований достаточно низкая и в основном затрагивает наиболее важные и крупные объекты, например, реки: Тонги-Кхал, Тураг, Буриганга, Шиталакшья и Балу (Бангладеш) [Parvin, Hassan, Tareq, 2022], Мунзур и Пюлюмюр (Турция) [Microplastic ... , 2023], Нью-Калабар и Бонни-Ривер (Нигерия) [Assessment ... , 2023], Чин-Линь-Вэй (Китай) [Spatial ... , 2022], Санта-Крус (США) [Impacts ... , 2021], Эмс, Везер и Эльба, Рейн (Германия) [Microplastics ... , 2024; Microplastic ... , 2021; Microplastics ... , 2015], Сена (Франция) [Monitoring ... , 2024], Обь, Томь, Иртыш, Волга (Россия) [Загрязнение ... , 2021; Yershova, Makeeva, Yasinsky, 2023].

Загрязнение рек микропластиковыми частицами может зависеть от различных факторов. Одним из которых может выступать сезонность года.

Тамбовская область – экономически значимый регион страны [Меньщикова, Саяпин, Лысов, 2013], где размещены производственные объекты, сельхозугодья и комплексы, имеется рекреационный потенциал. На территории области находится множество рек, которые берут здесь свои истоки или протекают транзитом. Все они относятся к бассейнам рек Волга и Дон – одним из крупнейших в России, несущим свои воды в Каспийское и Азовское моря [Дудник, 1991].

Город Тамбов – областной центр, самый крупный населенный пункт Тамбовской области⁵. Через него протекает одна из самых крупных рек области – Цна, относящаяся к бассейну р. Волги [Дудник, 1991]. Она имеет важное экологическое, хозяйственное и рекреационное значение для Тамбова и Тамбовского региона в целом [Кривошеев, 2024].

Мониторингом загрязнения вод в р. Цне в окрестностях г. Тамбова занимаются различные организации и представители области науки. Основной организацией является Тамбовский ЦГМС – филиал ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Среди исследователей можно отметить А. В. Можарова, А. В. Рязан-

⁵ Оценка численности постоянного населения по городским и муниципальным округам Тамбовской области на 1 января 2025 года и в среднем за 2024 год // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Тамбовской области. URL: <https://68.rosstat.gov.ru/folder/33717> (дата обращения: 20.08.2025).

нова, К. А. Таланова и др. Их работы посвящены разнообразному спектру методов оценки качества воды [Можаров, Рязанов, Дрожжина, 2009; Таланов, Игнаткова, Непрокина, 2024].

В связи с вышеизложенным актуальность данной работы представляется очевидной. Цель – определить сезонную динамику содержания частиц микропластика в р. Цне в районе г. Тамбова.

Материалы и методы исследования

Материал для исследования – вода поверхностного слоя (0–20 см) р. Цны выше и ниже по течению от г. Тамбова.

Отбор проб воды производился на пяти створах в июле – августе и ноябре – декабре 2024 г. Схематичное расположение пунктов отбора проб представлено на рис. 1. Створы 1 (с. Кузьмино-Гать) и 2 (с. Бокино) расположены выше по течению от города, створ 3 (г. Тамбов в районе ТЭЦ) – в черте города, створы 4 (с. Донское) и 5 (с. Татаново) – ниже по течению. На створе 3 (г. Тамбов, ТЭЦ) пробы были отобраны только в осенний период, на створе 4 (с. Донское) – только летом. Отбор проб воды производился с помощью сачка из металлической нержавеющей сетки с размером ячейки 40 мкм. Объем каждой пробы составлял 2 м³.

Исследования проводились согласно методике «Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA)» [Masura, Baker, Foster, 2015].

В процессе предпринимался ряд мер, препятствующих перекрестному загрязнению исследуемых образцов:

- использование лабораторной и полевой посуды из стекла и металла,
- использование одежды из ярких тканей нетипичных цветов или х/б материалов при полевых работах,
- влажная уборка в лаборатории перед проведением исследовательских работ,
- использование лабораторных халатов оранжевого цвета, нехарактерного для волокон, обнаруживаемых в реках,
- обработка лабораторных халатов липкими роликами для удаления с их поверхности потенциальных частиц-загрязнителей,
- изоляция открытых сосудов с пробами от внешней среды крышками из фольги в процессе промежуточных этапов работы,
- минимизирование перемещения работников лаборатории в процессе исследовательских работ,
- ограничение доступа в лабораторию сотрудников, не участвующих в проведении исследовательских работ,
- отключение приборов кондиционирования и вентиляции, закрытие окон в лаборатории при проведении работ.



Рис. 1. Карта-схема расположения отбора проб воды

Для проведения контроля загрязнения проб и обеспечения качества их анализа на содержание частиц микропластика в процессе этапа микроскопического исследования использовался метод холостых проб, позволяющий определить уровень загрязнения пробы из воздуха и провести корректировку полученных при микроскопии данных [Методы ... , 2024].

Качественный анализ микропластиковых частиц осуществлен с помощью метода горячей иглы. Обычно для этого метода используются швейные иглы, закрепленные на теплоизолирующей основе. Тестирование проводится иглой, раскаленной до красноты над пламенем спиртовки [Ершова, Макеева, Ясинский, 2023]. Однако наш опыт показал, что применение подобных игл не очень удобно и не практично. Тонкие иглы быстро приходят в негодность: сгорают в пламени, деформируются. Помимо этого, требуется достаточно высокий уровень сноровки от оператора микроскопии, так как поднести тонкую раскаленную иглу к тестируемой частице нужно очень быстро и точно, иначе тест не состоится ввиду остывания иглы.

Поэтому во избежание всех упомянутых отрицательных последствий использования швейных игл нами использовался паяльник с заточенным жалом (пятно контакта 0,5 мм). Данный инструмент позволяет поддерживать постоянную высокую температуру рабочей области «иглы», исключает необходимость использования открытого огня и лишней суеты. При этом достигается достаточно высокая продуктивность. Подобный инструмент позволяет без затруднений проводить идентификацию частиц на предмет «пластик – не пластик» размерностью от 100 мкм.

Анализ результатов

Результаты, полученные в ходе исследования образцов воды, представлены в табл. 1 и на рис. 2–4.

Анализ табл. 1 показывает, что частицы микропластика обнаружены во всех пробах. Летом максимальное количество частиц установлено на створе 1 в с. Кузьмино-Гать, минимальное – на створе 5 в с. Татаново. Осенью больше микропластика найдено на створе 3 в г. Тамбове у ТЭЦ, минимальное содержание – на створе 2 в с. Бокино. Размер частиц колеблется в достаточно широком диапазоне. Летом в среднем встречаются частицы в пределах 0,3–3,8 мм, осенью – 0,1–4,5 мм. Количественное содержание частиц разного размера в пробах можно увидеть на рис. 2.

Таблица 1

Среднее содержание частиц микропластика в пробах воды

Место отбора	Количество частиц, ед.		Размер частиц, мм	
	Лето	Осень	Лето	Осень
Створ 1	109	95	0,05–4	0,1–5
Створ 2	38	63	0,1–3,5	0,1–3
Створ 3	–	145	–	0,2–5
Створ 4	22	–	0,2–3	–
Створ 5	8	97	0,8–4,5	0,1–5

Также при анализе табличных данных прослеживается следующая закономерность, идентичная как для летнего, так и для осеннего сезонов: содержание частиц вниз по течению от самого верхнего створа снижается, однако на створе в границах г. Тамбова обнаружено их максимальное количество, ниже по течению снова наблюдается снижение.

Рассматривая рис. 2, можно сделать выводы о распределении частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц. Диаграммы показывают нам, что содержание частиц того или иного размера в отобранных пробах воды неравномерно как внутри отдельно взятой пробы, так и в сравнении проб друг с другом.

Однако имеется одна общая тенденция для всех створов – большая часть обнаруженных частиц пластика своими размерами относится к достаточно мелким фракциям и лежит в диапазоне менее 2 мм по самой длинной стороне. А самые распространенные размерности принадлежат размеру менее 1 мм. В среднем более 60 % идентифицированных частиц микропластика – это частицы размером менее 2 мм.



Рис. 2. Распределение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц

На рис. 3 изображены диаграммы, отражающие процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц.

На створе в с. Кузьмино-Гать (рис. 3, а) в обоих сезонах преобладают частицы микропластика в виде волокон. Единично обнаружены гранулы. Осенью почти четверть от общего числа составляют фрагменты. Летом присутствуют пленки в небольшом количестве.

На створе в с. Бокино (рис. 3, б) видовое разнообразие частиц микропластика аналогично предыдущему створу. Процентное соотношение в летний период также отличается незначительно. А в осенний период на данном створе фрагментов меньше более чем в 7 раз по сравнению со створом 1.

На створе в г. Тамбове около ТЭЦ (рис. 3, в) соотношение частиц в пробе значительно отличается от всех остальных створов. Здесь преобладающий вид – фрагменты, а волокна составляют всего лишь 16,6 % от общего числа. Также обнаружены пленки (9 %) и гранулы (2,8 %).

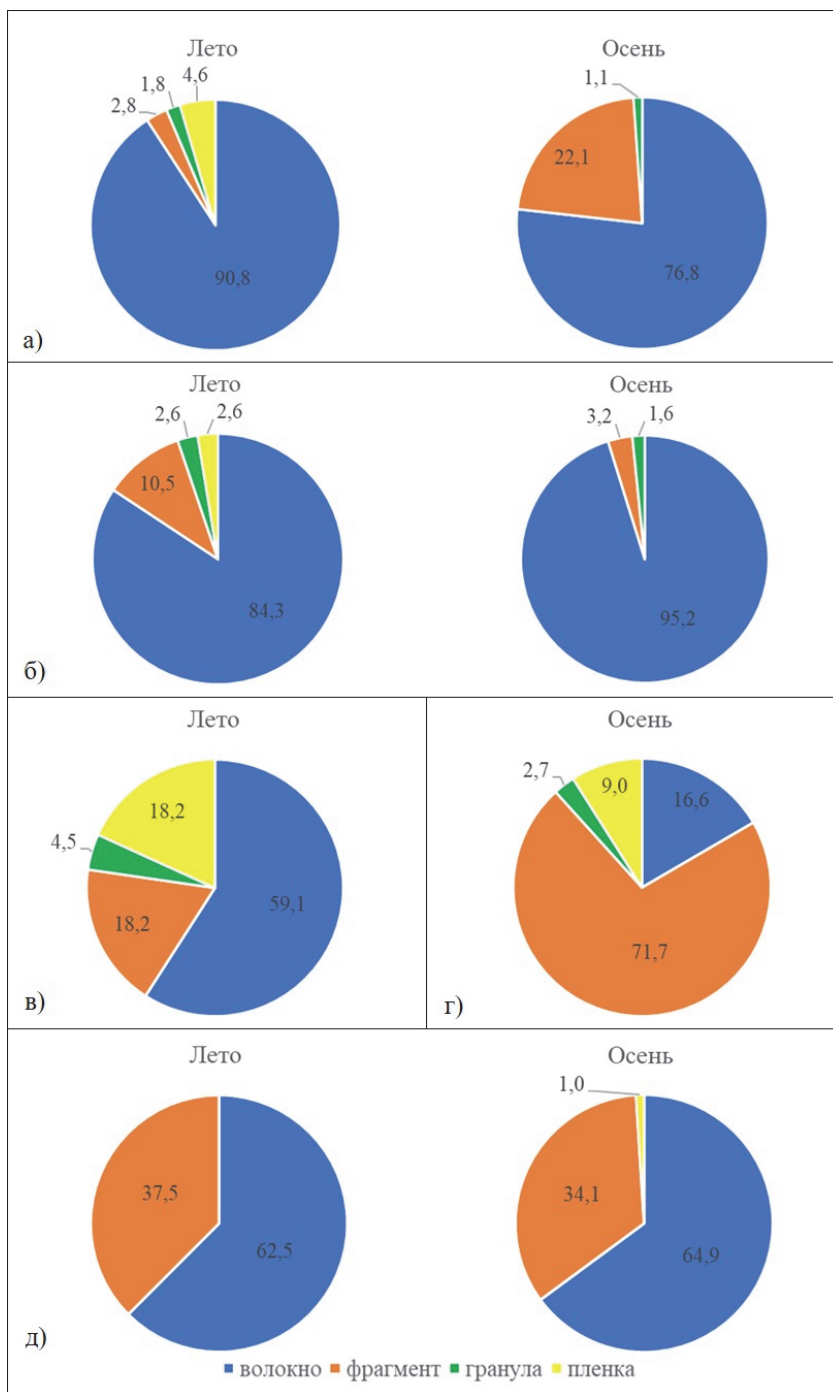


Рис. 3. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц по сезонам года: а) с. Кузьмино-Гать, б) с. Бокино, в) с. Донское, г) г. Тамбов (ТЭЦ), д) с. Татаново

На створе в с. Донском (рис. 3, *з*) процентное содержание частиц в виде волокон и фрагментов имеет более характерную картину. Имеется небольшое количество гранул. Пленки обнаружены в количестве, равном фрагментам, что несколько нетипично для р. Цны на исследуемом участке.

На самом нижнем створе, в с. Татаново (рис. 3, *д*), имеется самый скудный видовой состав частиц микропластика из всех проанализированных проб. Он представлен волокнами и фрагментами. Осенью была обнаружена лишь одна частица в виде пленки.

Анализ общей картины рассмотренных диаграмм на рис. 3 дает нам возможность говорить о том, что на всех створах преобладают волокна. Далее по распространенности идут фрагменты. Лишь на створе в г. Тамбове у ТЭЦ наблюдается противоположная картина. Пленки и гранулы встречаются единично. Только на створах 3 и 4 процентное содержание пленок было значимым. Сферические фрагменты в пробах обнаружены не были.

На рис. 4 изображены диаграммы, отражающие процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц. Из представленных на рис. 4 диаграмм видно, что на створе в с. Кузьмино-Гать (рис. 4, *а*) преобладающими по цвету частицами микропластика в оба сезона являются белые. В целом палитра достаточно разнообразна. Однако осенью голубых, красных и прозрачных частиц значительно больше, чем летом, а черных, наоборот, меньше фактически в 6,5 раз.

Несколько иная картина наблюдается на створе в с. Бокино (рис. 4, *б*). Летом здесь также преобладают белые частицы микропластика. Зато осенью их всего 1,6 % от общего количества. В этот сезон преобладают прозрачные частицы. Цвета в целом разнообразны и значительно отличаются между собой в зависимости от сезона.

Интересное распределение частиц по цветам выявлено на створах в черте г. Тамбова (рис. 4, *в*) и в с. Донском (рис. 4, *з*). Несмотря на то что пробы были там отобраны в разные сезоны года, общая картина соотношения частиц носит схожий характер. Преобладают белые частицы микропластика. Остальные цвета фактически идентичны, но у с. Донского процентное содержание белых частиц несколько больше, чем в границах г. Тамбова.

На створе в с. Татаново (рис. 4, *д*) летом были обнаружены частицы микропластика всего трех цветов: зеленые, черные и белые. Причем последних было больше, чем остальных. Осенняя же проба была более разнообразна по цветовой палитре. Однако здесь, как и на створе в с. Бокино, преобладают бесцветные частицы. Также достаточно много, около одной четверти от общего количества, черных частиц.

Общий анализ представленных диаграмм на рис. 4 дает нам представление о том, что на всех створах, кроме осенних проб у сел Бокино и Татаново, преобладают частицы белого цвета. В значительных количествах на некоторых створах (более 10 %) присутствуют черные, прозрачные, красные, голубые, зеленые и бежевые пластиковые частицы. Помимо этого замечено, что в половине случаев в осенних пробах цветовое разнообразие более широкое.

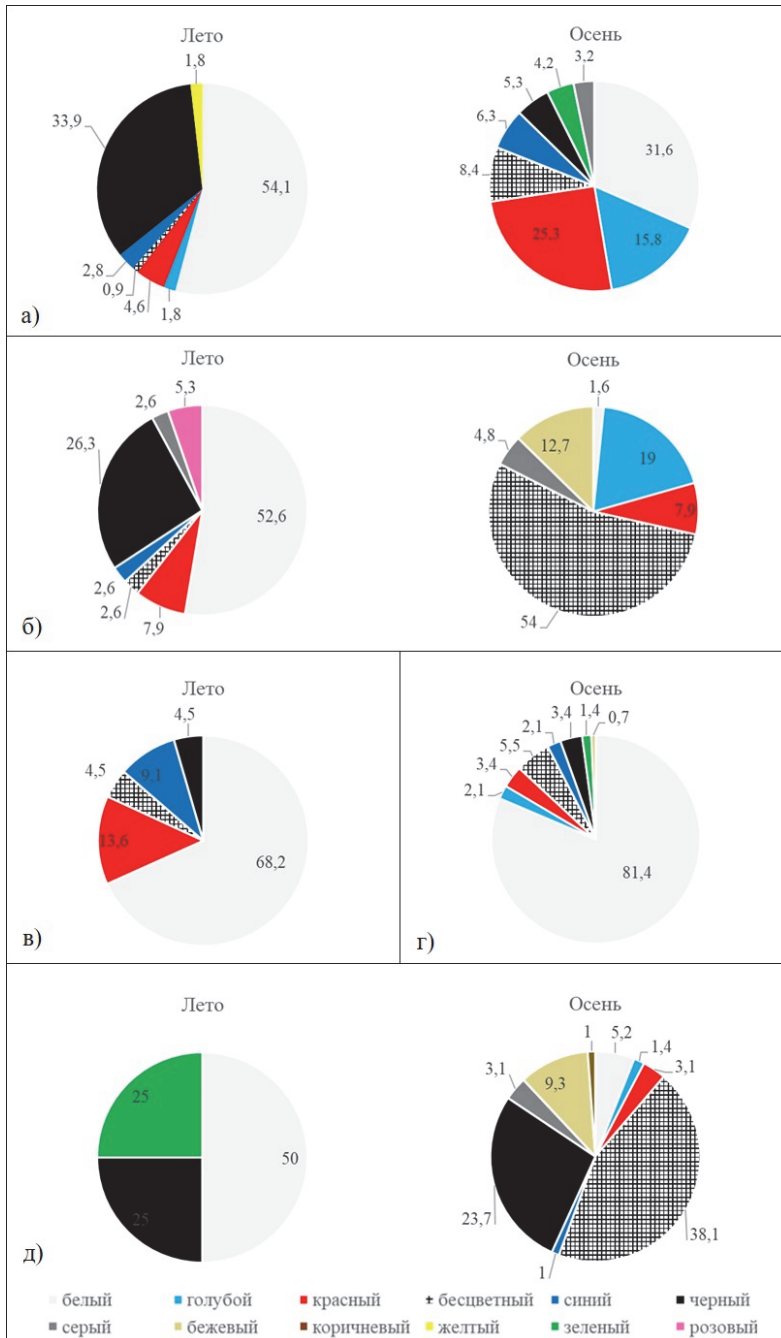


Рис. 4. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц по сезонам года: а) с. Кузьмино-Гать, б) с. Бокино, в) с. Донское, г) г. Тамбов (ТЭЦ), д) с. Татаново

Среди причин сезонного изменения тех или иных параметров частиц микропластика можно предположить следующее. На увеличение количества частиц, их размерного диапазона, цветового разнообразия в осенних пробах, вероятнее всего, влияет изменение погодных условий, а именно увеличение количества осадков. Дожди способствуют более интенсивному смыву частиц с прилегающих к водотокам территорий. На размерное распределение, видовой состав частиц микропластика сезонность не оказывает значимого влияния. Изменения процентного соотношения цветов могут носить сезонный характер, но обусловлены, скорее всего, антропогенными факторами. Так, летом белых частиц становится больше. Возможно, это связано с предпочтениями людей носить летом белую одежду. А прозрачных частиц, именно волокон, больше в осенне-зимний период. Можно предположить, что они выделяются при стирке верхней одежды и являются наполнителем курток, пуховиков и т. д. В целом для подтверждения указанных предположений требуются дополнительные исследования в течение нескольких лет.

Выводы

Анализ количественного содержания частиц микропластика дает нам возможность заключить, что р. Цна способна к самоочищению, но чутко реагирует на антропогенное загрязнение крупных населенных пунктов и поселений, находящихся в непосредственной близости от реки.

Изучение размера частиц показало, что р. Цна содержит в своих водах преимущественно мелкие фракции частиц микропластика, которые несут наибольшую опасность для живых существ, так как чем меньше размер частиц, тем выше вероятность их попадания внутрь организмов.

Видовой состав представлен преимущественно волокнами и фрагментами, которые потенциально более опасны, чем пленки, гранулы и сферы. Волокна способны спутываться между собой, образуя достаточно крупные сплетения. Фрагменты зачастую имеют неровные края, что может быть травмоопасно для гидробионтов.

Анализ цветового спектра обнаруженных частиц микропластика показал, что он является достаточно разнообразным и в общей совокупности представлен 12 цветами. Преобладающий цвет практически во всех пробах – белый, а в осенних пробах на створах в селах Бокино и Татаново преобладают бесцветные частицы.

Список литературы

Влияние микро- и нанопластика на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и кишечный микробиом / Н. Н. Беседнова [и др.] // Вопросы питания. 2023. Т. 6, № 550. С. 6–17.

Влияние сельскохозяйственного использования земель на водосборах малых рек на загрязнение вод химическими элементами / Т. В. Папаскири [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. Т. 5, № 395. С. 441–444. https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_5_441

Догановский А. М., Малинин В. Н. Гидросфера Земли. СПб.: Гидрометеоздат, 2004. С. 34–37.

Дудник Н. И. Реки Тамбовской области. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. пед. ин-та, 1991. 48 с.

Ершова 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.

Загрязнение сибирских рек микропластиком: путь в арктические моря / Ю. А. Франк [и др.] // Arctic days in st. Petersburg – 2021: international scientific cooperation in the Arctic in the era of climate change: International Scientific and Practical Conference: Abstracts, St. Petersburg, 25–26 ноября 2021 г. СПб. : Рос. гос. гидрометеорол. ун-т, 2021. С. 160–165.

Комаров С. М. Микропластик тысячелетия // Химия и жизнь. 2023. № 11. С. 2–9.

Кривошеев И. А. Оценка рекреационной привлекательности территории среднего течения реки Цны // Достижения современной науки : материалы Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф., София, 30 сентября 2024 г. Нефтекамск : Мир науки (ИП Вострецов Александр Ильич), 2024. С. 57–61. EDN EMVFKE.

Мамедов М. Н., Савчук Е. А. Взаимосвязь микрочастиц пластика с факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. Т. 23, № 6. С. 66–71. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-4069>

Меньщикова В. И., Саятин А. В., Лысов П. В. Социально-экономическое пространство Тамбовской области: специфика и тенденции развития // Социально-экономические явления и процессы. 2013. Т. 10, № 56. С. 97–105.

Методы исследования загрязнения микропластиком природных вод: современное состояние и рекомендации / С. В. Пахомова [и др.] // 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)

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.

Пермякова М. А. Загрязнение фталатами почв поймы малой реки Данилиха в сквере Каменских города Перми // Молодежная наука 2025: технологии, инновации : материалы Всерос. науч.-практ. конф. мол. ученых, аспирантов и студентов, посвящ. 95-летию со дня образования Перм. Гос. аграр.-технол. ун-та им. акад. Д. Н. Прянишникова. Пермь, 7–11 апр. 2025 г. : в 3 ч. Пермь : ИПЦ Прокрость, 2025. С. 251–254.

Пития Л. К., Елкин А. Г. Наука за рубежом. Переработка пластмасс: Оценка рынка и перспективы // Научный журнал. 2018. № 75. 33 с.

Таланов К. А., Игнаткова Е. О., Непрокينا 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, 5 апр. 2024 г. Тверь : Твер. гос. ун-т, 2024. С. 61–64.

Химико-микробиологическая характеристика малых рек территории опережающего социально-экономического развития / Т. П. Платонова [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2020. № 5. С. 82–86. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2020-5-82-86>

Хорохорина И. В., Милованова М. Д. Экологический мониторинг рек и прибрежных вод // Экономическая безопасность и качество : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. «Статистические методы исследования социально-экономических и экологических систем региона» и V Всерос. форума «Стратегии противодействия угрозам экономической безопасности России». Тамбов, 8–30 нояб. 2022 г. Тамбов : Тамбов. гос. техн. ун-т, 2023. Вып. 1. С. 231–236.

Assessment of Microplastic Pollution in Selected Water Bodies in Rivers State, Nigeria / J. S. Attah [et al.] // Archives of Current Research International. 2023. Vol. 23, N 7. P. 45–52. <https://doi.org/10.9734/acri/2023/v23i7591>

Assessment of the impact of chemical pollution on endangered migratory fish in two major rivers of France, including spawning grounds / B. Bellier [et al.] // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 931. P. 172748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172748>

Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains / A. J. Nihart [et al.] // NatMed. 2025. Vol. 31, N 4. P. 1114–1119. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1>

Impacts of baseflow and flooding on microplastic pollution in an effluent-dependent arid land river in the USA / D. E. Eppheimer [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. P. 45375–45389. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13724-w>

Impacts of micro and nanoplastics on human health / S. Jayavel [et al.] // *Bulletin of the National Research Centre*. 2024. Vol. 48, N 1. P. 110. <https://doi.org/10.1186/s42269-024-01268-1>

Jamur Ja. M. S. Analytical Techniques in Pharmaceutical Pollution of the World's Rivers; A Review // *ChemChemTech*. 2024. Vol. 67, N 5. P. 6-16. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246705.7017>

Lost at sea: where is all the plastic? / R. C. Thompson [et al.] // *Science*. 2004. Vol. 304, N 5672. P. 838.

Masura J., Baker J., 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 NOS-OR&R-48. USA, 2015. P. 39.

Microplastics in a small river: Occurrence and influencing factors along the river Oker, Northern Germany / L. Büngener [et al.] // *Journal of Contaminant Hydrology*. 2024. Vol. 264. P. 104366. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104366>

Microplastic in water and sediments at the confluence of the Elbe and Mulde Rivers in Germany / Laermanns H. [et al.] // *Frontiers in Environmental Science*. 2021. Vol. 9. P. 794895.

Microplastic pollution in two remote rivers of Türkiye / S. Gündoğdu [et al.] // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2023. Vol. 195, N 6. P. 791. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11426-z>

Microplastics profile along the Rhine River / T. Mani [et al.] // *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. P. 17988. <https://doi.org/10.1038/srep17988>

Monitoring microplastics in the Seine River in the Greater Paris area / Stratmann C. N. [et al.] // *Frontiers in Earth Science*. 2024. Vol. 12. P. 1386547.

Opara O. G. Strategies for Mitigating crude oil pollution and enhancing biodiversity conservation in the Niger Delta, Nigeria // *Sci Total Environ*. 2024. P. 550–558.

Parvin F. Hassan Md. A., Tareq Sh. M. Risk assessment of microplastic pollution in urban lakes and peripheral Rivers of Dhaka, Bangladesh // *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2022. Vol. 8. P. 100187. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100187>

Rakhmetova A. A., Beisenova R. R., Akpambetova K. M. Geoecological assessment of the dynamics of pollution of the Nura river and Samarkand reservoir // *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series*. 2020. Vol. 98, N 2. P. 53–59. <https://doi.org/10.31489/2020BMG2/53-59>

Spatial variability of microplastic pollution on surface of rivers in a mountain-plain transitional area: A case study in the Chin Ling-Wei River Plain, China / P. Bian [et al.] // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. Vol. 232. P. 113298. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113298>

The effect of anthropogenic pressure shown by microbiological and chemical water quality indicators on the main rivers of Podhale, southern Poland / A. Lenart-Boroń [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, N 14. P. 12938–12948. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8826-7>

Yershova A. A., Makeeva N. N., Yasinsky S. V. Microplastics in surface and underground waters of a large city in the Volga River basin (on the example of Nizhny Novgorod) // *Questions of Geography*. 2023. N 157. P. 402–420.

References

Besednova N.N., Shchelkanov M.Yu., Zaporozhets T.S. et al. Vliyanie mikro- i nanoplastika na slizistuyu obolochku zheludochno-kishechnogo trakta i kishechnii mikrobiom [Effect of micro- and nanoplastics on the gastrointestinal mucosa and intestinal microbiome]. *Problems of nutrition*, 2023, vol. 6, no. 550, pp. 6-17. (in Russian)

Papaskiri T.V., Boitsenyuk L.I., Gruzdev V.S. et al. Vliyanie selskokhozyaistvennogo ispolzovaniya zemel na vodosborakh malikh rek na zagryaznenie vod khimicheskimi elementami [The influence of agricultural land use in the catchments of small river on water pollution by chemical elements]. *Mezhdunarodnii selskokhozyaistvennii zhurnal* [International Agricultural Journal], 2023, vol. 5, no. 395, pp. 441-444. https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_5_441 (in Russian).

Doganovskii A.M., Malinin V.N. *Gidrosfera Zemli* [Earth's Hydrosphere]. Sankt-Peterburg, Gidrometeoizdat Publ., 2004, 629 p. (in Russian)

Dudnik N.I. *Reki Tambovskoi oblasti* [Rivers of the Tambov region]. Tambov, Tambovskii gosudarstvennii pedagogicheskii institut Publ., 1991, 48 p. (in Russian)

Yershova A.A., Makeeva N.N., Yasinskii S.V. Mikroplastik v poverkhnostnikh i podzemnikh vodakh krupnogo goroda v basseine r. Volgi (na primere Nizhnego Novgoroda) [Microplastics in surface and ground waters of a large city in the volga river basin (nizhny novgorod case study)]. *Voprosi geografii* [Geography questions], 2023, no. 157, pp. 402-420. (in Russian)

Frank Yu.A., Vorobev Ye.D., Kailer O.A. et al. Zagryaznenie sibirskikh rek mikroplastikom: put v arkticheskie morya [Pollution of siberian rivers with microplastic: the way to arctic seas]. *Arctic days in st. Petersburg – 2021: international scientific cooperation in the Arctic in the era of climate change: International Scientific and Practical Conference: Abstracts, St. Petersburg, 25-26 noyabrya 2021 goda* [Arctic days in st. Petersburg – 2021: international scientific cooperation in the Arctic in the era of climate change: International Scientific and Practical Conference: Abstracts, St. Petersburg, November 25-26, 2021], 2021, pp. 160-165. (in Russian)

Komarov S.M. Mikroplastik tisyacheletiya [Millennium Microplastics]. *Khimiya i zhizn* [Chemistry and Life], 2023, no. 11, pp. 2-9. (in Russian)

Krivosheev I.A. Otsenka rekreatsionnoi privlekatelnosti territorii srednego techeniya reki Tsni [Assessment of the recreational attractiveness of the territory of the middle reaches of the Tsna River]. *Dostizheniya sovremennoi nauki* [Achievements of modern science]. Proceedings of the International (correspondence) Scientific and Practical Conference, Sofia, September 30, 2024], 2024, pp. 57-61. (in Russian)

Mamedov M.N., Savchuk Ye.A. Vzaimosvyaz mikrochastits plastika s faktorami riska razvitiya serdечно-sosudistikh zabolevaniy [Relationship between microplastic and cardiovascular risk factors]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prevention], 2024, vol. 23, no. 6, pp. 66-71. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2024-4069> (in Russian)

Menshchikova V.I., Sayapin A.V., Lisov P.V. Sotsialno-ekonomicheskoe prostranstvo Tambovskoi oblasti: spetsifika i tendentsii razvitiya [Social and economic space of the tambov region: specifics and development tendencies]. *Sotsialno-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Socio-economic phenomena and processes], 2013, vol. 10, no. 56, pp. 97-105. (in Russian)

Pakhomova S.V., Yershova A.A., Zhdanov I.A., Yakushev Ye.V. Metodi issledovaniya zagryazneniya mikroplastikom prirodnykh vod: sovremennoe sostoyaniye i rekomendatsii [Methods for studying microplastic pollution of natural waters: current status and recommendations]. *Okeanologicheskie issledovaniya* [Oceanological research], 2024, vol. 52, no. 1, pp. 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). (in Russian)

Mozharov A.V., Ryazanov A.V., Drozhzhina S.A. Analiz soderzhaniya zagryaznyayushchikh veshchestv v vode reki Tsni [The analysis of the content of polluting substances in the water of the river tsna]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Bulletin of Tambov University], 2009, vol. 14, no. 1, pp. 194-195. (in Russian)

Permyakova M.A. Zagryaznenie ftalatami pochv poimi maloi reki Danilikha v skvere Kamenskikh goroda Permi [Phthalates contaminated the floodplain soils of the small Danilikha River in Kamensky Park, Perm]. *Molodyozhnaya nauka 2025: tekhnologii, innovatsii* [Youth Science 2025: technologies, innovations]. Proc. of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, postgraduates and Students dedicated to the 95th anniversary of the founding of Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov], Perm, 2025, pp. 251-254. (in Russian)

Pipiya L.K., Yelkin A.G. Pererabotka plastmass: otsenka rinka i perspektivi [Plastics recycling: market assessment and prospects]. *Nauka za rubezhom* [Science abroad], 2018, no. 75, pp. 1-33. (in Russian)

Talanov K. A., Ignatkova Ye.O., Neprokina K. S. Osnovnie zagryazniteli r. Tsni vishe i nizhe po techeniyu ot g. Tambova [The main pollutants of the tsna mver upstream and downstream from tambov]. *Geografiya, ekologiya, turizm: nauchnii poisk studentov i aspirantov* [Geography, ecology, tourism: scientific search for students and postgraduates]. Proc. of the 12th All-Russian Scientific and Practical Conference, Tver, April 05, 2024], Tver, 2024, pp. 61-64. (in Russian)

Platonova T.P., Pakusina A.P., Panova L.P., Neprokina K.S. Khimiko-mikrobiologicheskaya kharakteristika malikh rek territorii operezhayushchego sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya [Chemical and microbiological characteristics of the small rivers in the territory of the advanced social economic development]. *Problemi regionalnoi ekologii* [Problems of regional ecology], 2020, no. 5, pp. 82-86. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2020-5-82-86> (in Russian)

Khorokhorina I.V., Milovanova M.D. *Ekologicheskii monitoring rek i pribrezhnikh vod* [Ecological monitoring of rivers and coastal waters]. *Ekonomicheskaya bezopasnost i kachestvo* [Economic security and quality]. Collection of scientific papers based on the materials of the 6th International Scientific and Practical Conference “Statistical Methods of Studying the Socio-Economic and Environmental Systems of the Region” and materials of the 5th All-Russian Forum “Strategies for Countering Threats to Economic Security of Russia,” Tambov, November 08-30, 2022], Tambov, 2023, pp. 231-236. (in Russian)

Attah J.S., Stanley H., Sikoki F.D. Assessment of Microplastic Pollution in Selected Water Bodies in Rivers State, Nigeria. *Archives of Current Research International*, 2023, vol. 23, no. 7, pp. 45-52. <https://doi.org/10.9734/acri/2023/v23i7591>

Bellier B. Assessment of the impact of chemical pollution on endangered migratory fish in two major rivers of France, including spawning grounds. *Science of the Total Environment*, 2024, vol. 931, p. 172748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172748>

Nihart A., Garcia A.M., Hayek E.E., Liu R. Bioaccumulation of microplastics in decedent human brains. *NatMed*, 2025, vol. 31, no. 4, pp. 1114–1119. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03453-1>

Eppehimer D.E., Hamdhani H., Hollien K.D., Nemeč Z.C. Impacts of baseflow and flooding on microplastic pollution in an effluent-dependent arid land river in the USA. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, vol. 28, pp. 45375-45389. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13724-w>

Jayavel S., Govindaraju B., Michael J.R., Viswanathan B. Impacts of micro and nanoplastics on human health. *Bulletin of the National Research Centre*, 2024, vol. 48, no. 1, pp. 110. <https://doi.org/10.1186/s42269-024-01268-1>

Jamur Ja.M.S. Analytical Techniques in Pharmaceutical Pollution of the World's Rivers; A Review. *ChemChemTech*, 2024, vol. 67, no. 5, pp. 6-16. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20246705.7017>

Thompson R.C., Olsen Y.S., Mitchell R.P., Davis A. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 2004, vol. 304, no. 5672, p. 838.

Masura J., Baker J., 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 NOS-OR&R-48*, 2015, p. 39.

Lina Büngener L., Schäffer S.-M., Schwarz A., Schwalb A. Microplastics in a small river: Occurrence and influencing factors along the river Oker, Northern Germany. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2024, vol. 264, p. 104366. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2024.104366>

Laermans H., Reifferscheid G., Kruse J., Földi C., Dierkes G., Schaefer D., Scherer C., Bogner C., Friederike S. Microplastic in water and sediments at the confluence of the Elbe and Mulde Rivers in Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 2021, vol. 9, p. 794895.

Gündođdu S., Kutlu B., Ozcan T., Büyükdeveci F., Blettler M.C.M. Microplastic pollution in two remote rivers of Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2023, vol. 195, no. 6, p. 791. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11426-z>

Mani T., Hauk A., Walter U., Burkhardt-Holm P. Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports*, 2015, vol. 5, p. 17988. <https://doi.org/10.1038/srep17988>

Stratmann C. N., Dris R., Gasperi J. [et al.]. Monitoring microplastics in the Seine River in the Greater Paris area. *Frontiers in Earth Science*, 2024, vol. 12, p. 1386547.

Opara O.G. Strategies for Mitigating crude oil pollution and enhancing biodiversity conservation in the Niger Delta, Nigeria. *Sci Total Environ*, 2024, pp. 550-558.

Parvin F., Hassan Md. A., Tareq Sh. M. Risk assessment of microplastic pollution in urban lakes and peripheral Rivers of Dhaka, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 2022, vol. 8, p. 100187. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100187>

Rakhmetova A.A., Beisenova R.R., Akpambetova K.M. Geoecological assessment of the dynamics of pollution of the Nura river and Samarkand reservoir. *Bulletin of the Karaganda university. Biology. Medicine. Geography Series*, 2020, vol. 98, no. 2, pp. 53-59. <https://doi.org/10.31489/2020BMG2/53-59>

Bian P., Liu Y., Zhao K., Hu Y. et al. Spatial variability of microplastic pollution on surface of rivers in a mountain-plain transitional area: A case study in the Chin Ling-Wei River Plain, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2022, vol. 232, p. 113298. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113298>

Lenart-Boroń A., Bojarczuk A., Jelonekiewicz E., Źelazny M. The effect of anthropogenic pressure shown by microbiological and chemical water quality indicators on the main rivers of Podhale,

southern Poland. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24, no. 14, pp. 12938-12948. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8826-7>

Yershova A.A., Makeeva N.N., Yasinsky S.V. Microplastics in surface and underground waters of a large city in the Volga River basin (on the example of Nizhny Novgorod). *Questions of Geography*, 2023, no. 157, pp. 402-420.

Сведения об авторах

Буковский Михаил Евгеньевич
кандидат географических наук,
заведующий, лаборатория мониторинга
агроклиматического и водно-ресурсного
потенциалов территорий
Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина
Россия, 392036, г. Тамбов,
ул. Интернациональная, 33
e-mail: mikezz@mail.ru

Непрокина Ксения Сергеевна
научный сотрудник, лаборатория
мониторинга агроклиматического
и водно-ресурсного потенциалов
территорий
Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина
Россия, 392036, г. Тамбов,
ул. Интернациональная, 33
e-mail: kolkova-kсениya@mail.ru

Зиновьева Татьяна Игоревна
студент
Тамбовский государственный университет
им. Г. Р. Державина
Россия, 392036, г. Тамбов,
ул. Интернациональная, 33
e-mail: zinovieva.t4tyana@yandex.ru

Information about the authors

Bukovskiy Mikhail Evgenievich
Candidate of Sciences (Geography),
Head, Laboratory for Monitoring
Agro-Climatic and Water-Resource Potentials
of the Territories
Derzhavin Tambov State University
33, Internatsionalnaya st., Tambov, 392036,
Russian Federation
e-mail: mikezz@mail.ru

Neprokina Kseniya Sergeevna
Research Scientist, Laboratory for Monitoring
Agro-Climatic and Water-Resource Potentials
of the Territories
Derzhavin Tambov State University
33, Internatsionalnaya st., Tambov, 392036,
Russian Federation
e-mail: kolkova-kсениya@mail.ru

Zinovieva Tatyana Igorevna
Student
Derzhavin Tambov State University
33, Internatsionalnaya st., Tambov, 392036,
Russian Federation
e-mail: zinovieva.t4tyana@yandex.ru