



СОДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДЕ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ВОРОНЫ В 2024 ГОДУ

Буковский М. Е. ORCID ID 0000-0002-2773-3816,
Непрокина К. С. ORCID ID 0009-0004-1712-674X,
Зиновьева Т. И. ORCID ID 0009-0001-6462-7510

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов,
Российская Федерация, e-mail: kolkova-kseniya@mail.ru*

Речные воды подвергаются антропогенному загрязнению, в том числе микропластиком. Пресные речные воды являются местообитанием многочисленных гидробионтов и играют важную роль в водоснабжении населенных пунктов. Целью исследования является оценка содержания частиц микропластика в воде в среднем течении р. Вороны в 2024 г. В методическую основу исследования положена методика «Лабораторные методы анализа микропластика в морской среде: рекомендации для количественного анализа синтетических частиц в воде и донных отложениях (программа исследования морского мусора NOAA)». В работе проанализированы данные о распределении частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц, а также о процентном соотношении частиц в зависимости от их вида и цвета. В ходе анализа выявлено, что исследуемая река способна к самоочищению, но города оказывают негативное влияние с точки зрения загрязнения микропластиком. Подавляющее число обнаруженных частиц микропластика относится к фракции менее 2 мм и является волокнами. Самые распространенные цвета частиц микропластика – белый, красный, синий и черный, они составляют максимальный совокупный процент от общего числа обнаруженных частиц. Исследование имеет практическую значимость для ведения хозяйственной деятельности и организации природоохранных мероприятий на территориях Кирсановского и Уваровского муниципальных округов.

Ключевые слова: микропластик, загрязнение рек, мониторинг качества воды, река Ворона

THE CONTENT OF MICROPLASTIC PARTICLES IN THE WATER IN THE MIDDLE REACHES OF THE VORONA RIVER IN 2024

Bukovskiy M. E. ORCID ID 0000-0002-2773-3816,
Neprokina K. S. ORCID ID 0009-0004-1712-674X,
Zinoveva T. I. ORCID ID 0009-0001-6462-7510

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Tambov State University named after G. R. Derzhavin”, Tambov,
Russian Federation, e-mail: kolkova-kseniya@mail.ru*

River waters are subject to anthropogenic pollution, including microplastics. Fresh river waters are the habitat of numerous aquatic organisms and play an important role in the water supply of settlements. The aim of the study is to estimate the content of microplastic particles in the water in the middle reaches of the Vorona River in 2024. The methodological basis of the study is based on the methodology “Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments (NOAA Technical Memorandum)”. The paper analyzes data on the distribution of microplastic particles in water samples depending on the particle size, as well as the percentage of particles depending on their type and color. The analysis revealed that the river under study is capable of self-purification, but cities have a negative impact on its pollution. The vast majority of the detected microplastic particles are less than 2 mm thick and are fibers. The most common colors of microplastic particles are white, red, blue and black, which make up the maximum cumulative percentage of the total number of detected particles. The research has practical significance for the management of economic activities and the organization of environmental protection measures in the territories of Kirsanovsky and Uvarovsky municipal districts.

Keywords: microplastics, river pollution, water quality monitoring, Vorona River

Введение

Пресная вода – ценнейший ресурс планеты, поддерживающий существование жизни на ней. Она составляет всего около 3 % от общего запаса воды на Земле [1]. А доля пресной воды, сосредоточенной в реках, всего лишь 0,49 % [2].

Тем не менее именно речная вода является местообитанием многочисленных

пресноводных гидробионтов [3] и в ряде случаев служит источником питьевого водоснабжения человека [4]. Поэтому важно сохранять реки чистыми. Однако в современном мире в связи с ростом урбанизированных территорий и увеличением антропогенной нагрузки на речные экосистемы задача по сохранению рек от загрязнений представляется трудной [5].

Помимо этого, с развитием химической промышленности реки подвергаются загрязнению все новыми видами ксенобиотиков. Одними из самых распространенных из них являются пластиковые отходы, объемы которых приобрели катастрофические планетарные масштабы [1; 6; 7]. Особую опасность представляют собой частицы микропластика, которые образуются из пластиковых изделий под воздействием различных факторов. Имея размер 0,001–5 мм, частицы микропластика могут беспрепятственно попадать в органы желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и дыхательную систему живых организмов с водой, пищей и воздухом [8]. Находясь непосредственно в организме, микропластиковые частицы способны вызывать различные воспалительные процессы, непроходимость кишечника, выделять токсичные вещества, распадаться до наноразмерных частиц. Последние, в свою очередь, способны проникать сквозь барьерные механизмы живых организмов, попадая в кровоток, и разноситься по всем органам и тканям, нанося непоправимый ущерб [9–11].

Несмотря на то, что загрязнением водных экосистем ученые занимаются уже несколько десятилетий, нормативная база, регламентирующая допустимое содержание частиц микропластика в воде, отсутствует. В первую очередь потому, что еще не до конца изучено влияние этих частиц на живые организмы [8]. И пока одни исследователи изучают это влияние, другие занимаются мониторингом загрязнения различных сред и продуктов питания частицами микропластика и путей их миграции.

Река Ворона – правый приток Хопра (бассейн Дона). Является одной из самых крупных рек Тамбовской области [12, с. 22]. Имеет важное рекреационное, хозяйственное и природоохранное значение. На берегах расположены многочисленные пляжи, ведется круглогодичная рыбалка, в летнее время осуществляются байдарочные сплавы, имеются водозаборные станции для нужд населения и предприятий, расположен заповедник «Воронинский» [13].

Вышеизложенные факты подтверждают актуальность изучения загрязнения р. Вороны на территории Тамбовской области частицами микропластика.

Цель исследования – оценить содержание частиц микропластика в воде в среднем течении р. Вороны в 2024 г.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования стали пробы воды поверхностного слоя (0–20 см)

р. Вороны, отобранные у г. Кирсанова, заповедника «Воронинский» и г. Уварово.

Отбор проб воды осуществлялся на шести створах в августе 2024 г. Схематичное расположение пунктов отбора проб представлено на рис. 1:

- створ 1 (с. Терны) – выше по течению от г. Кирсанова;
- створ 2 (с. Калаис) – ниже по течению от г. Кирсанова;
- створ 3 (с. Вячка) – выше по течению от заповедника «Воронинский»;
- створ 4 (р. п. Инжавино) – ниже по течению от заповедника «Воронинский»;
- створ 5 (г. Уварово) – выше по течению от г. Уварово;
- створ 6 (с. Моисеево) – ниже по течению от г. Уварово.

Отбор проб воды осуществлялся с помощью сачка, изготовленного из металлической нержавеющей сетки. Размер ячеек – 40 мкм. Пробы воды были 2 м³ каждая.

Исследования воды 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)» [14].

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 [15].

Качественный анализ микропластиковых частиц осуществлен с помощью метода «горячей иглы», модернизированного авторами [16]. Модернизация заключалась в том, что авторы использовали паяльник с заточенным жалом (пятно контакта 0,5 мм) в качестве иглы.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведения микроскопических исследований, полученных в процессе пробоподготовки образцов, было обнаружено следующее количество частиц микропластика, шт: с. Терны – 31, с. Калаис – 38, с. Вячка – 35, р. п. Инжавино – 81, г. Уварово – 47, с. Моисеево – 39. Таким образом, минимальное количество частиц микропластика идентифицировано на створе 1, максимальное – на створе 4. Результаты, полученные в ходе исследования данных частиц, представлены на рис. 2–4.

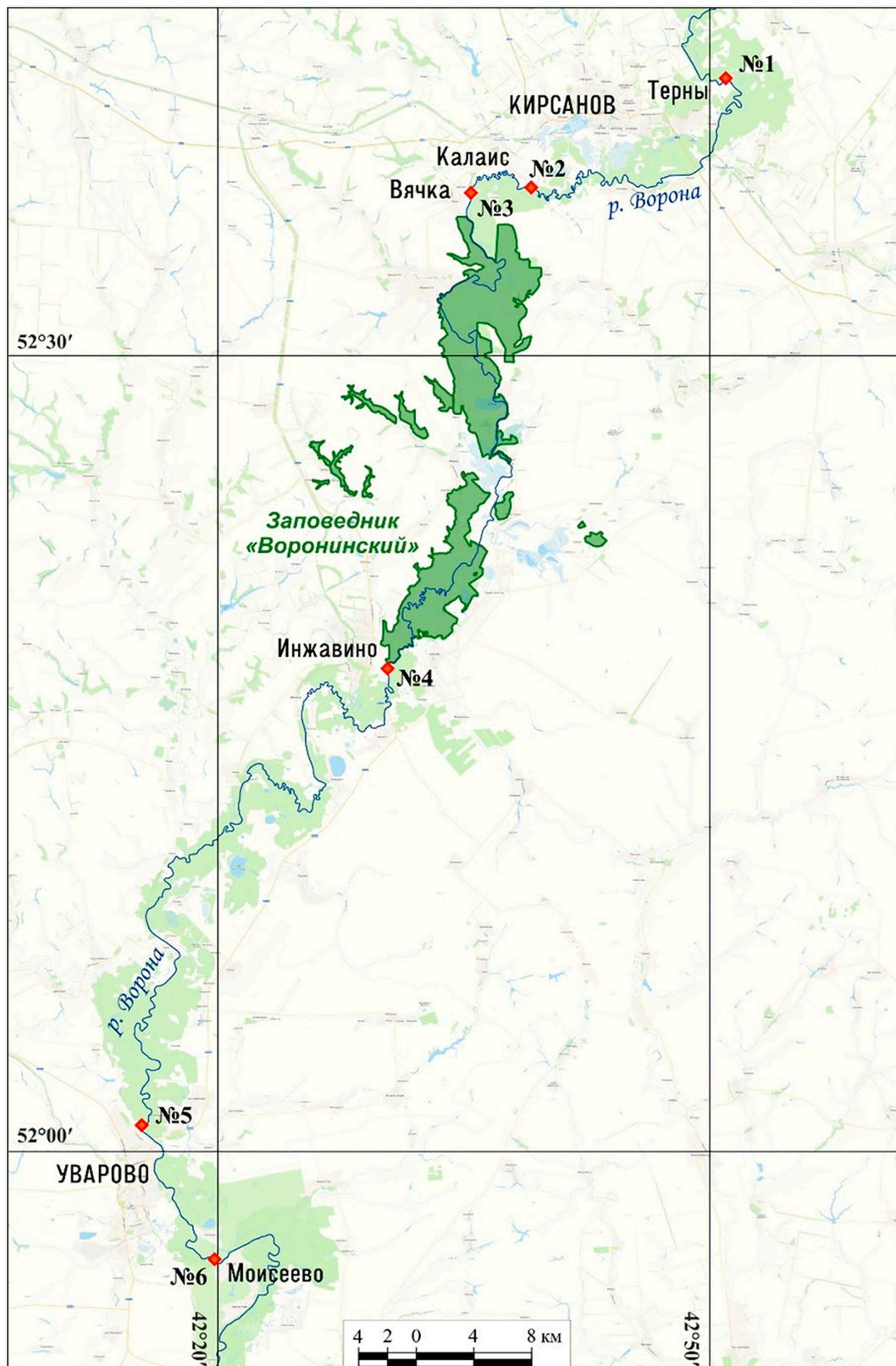


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб воды

Примечание: составлен авторами с использованием картографической основы сервиса «Яндекс Карты» (https://yandex.ru/maps/?ll=42.785797%2C52.310669&mode=poi&poi%5Bpoint%5D=42.612161%2C52.458862&poi%5Buri%5D=ymaps%2C52.310669%2C52.458862&source=serp_navig&z=9.6)

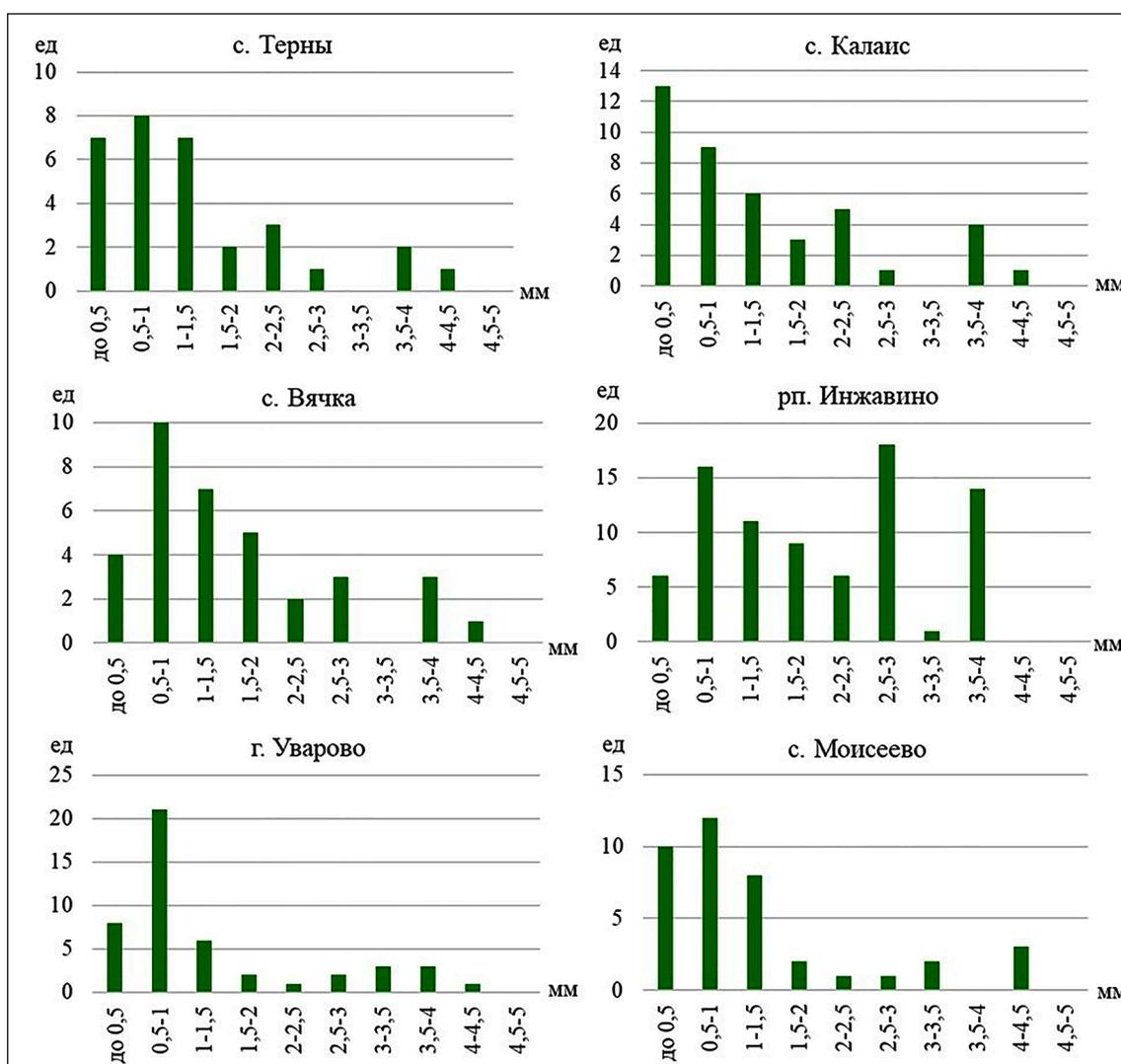


Рис. 2. Распределение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

На рис. 2 представлены диаграммы, позволяющие нам сделать выводы о распределении частиц микропластика в пробах воды в зависимости от размера частиц. Видно, что содержание частиц того или иного размера в отобранных пробах воды неравномерно.

Однако имеется одна общая тенденция практически для всех створов: наибольшая часть обнаруженных частиц пластика своими размерами относится к достаточно мелким фракциям и лежит в диапазоне менее 2 мм по самой длинной стороне. В среднем к указанному диапазону относится около 73 % идентифицированных частиц микропластика. А самые распространенные размеры – менее 1 мм.

Лишь створ «Инжавино» выбивается из общей тенденции. Здесь максимальное ко-

личество частиц микропластика сосредоточено в диапазоне до 2,5 мм, и это всего 52 % от общего числа частиц. Помимо этого значимое количество микропластиковых частиц относятся к диапазонам 2,5–3 и 3,5–4 мм.

Частиц размером более 4,5 мм не было обнаружено ни на одном из створов.

Анализируя диаграммы процентного соотношения частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц на рис. 3, можно сделать выводы о том, что подавляющее количество обнаруженных частиц представлено волокнами на всех створах и в среднем составляет более 94 %. На всех створах единично встречаются фрагменты. Пленочные частицы микропластика обнаружены лишь на створах выше и ниже по течению от г. Уварово.

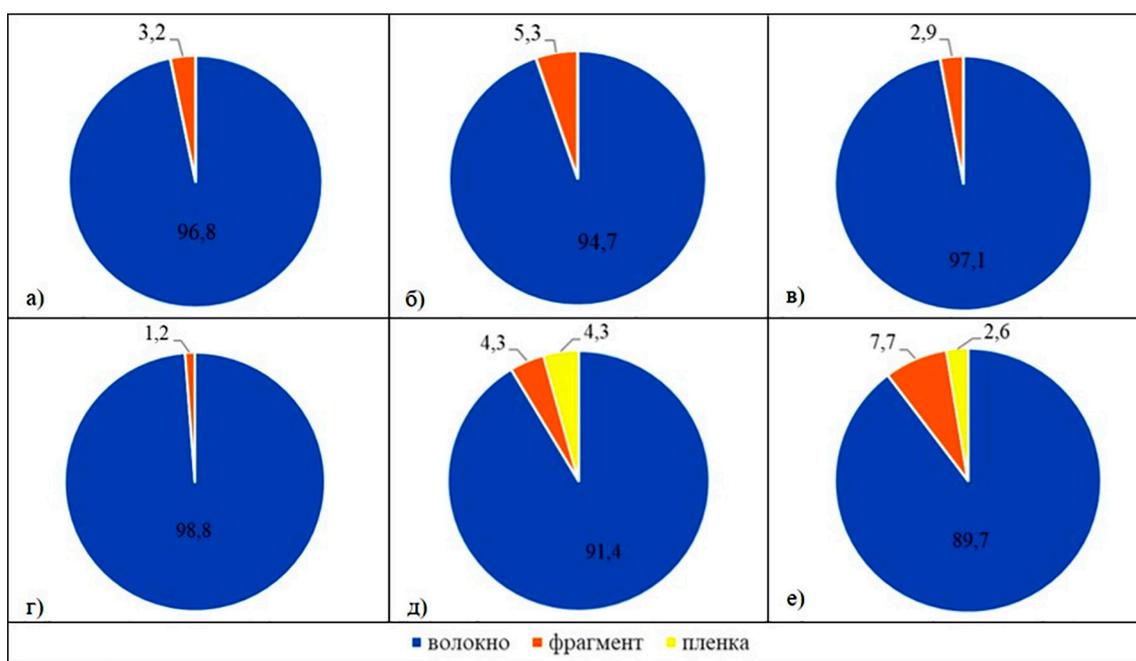


Рис. 3. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от вида частиц: а) с. Терны, б) с. Калаис, в) с. Вячка, г) р. п. Инжавино, д) г. Уварово, е) с. Моисеево
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

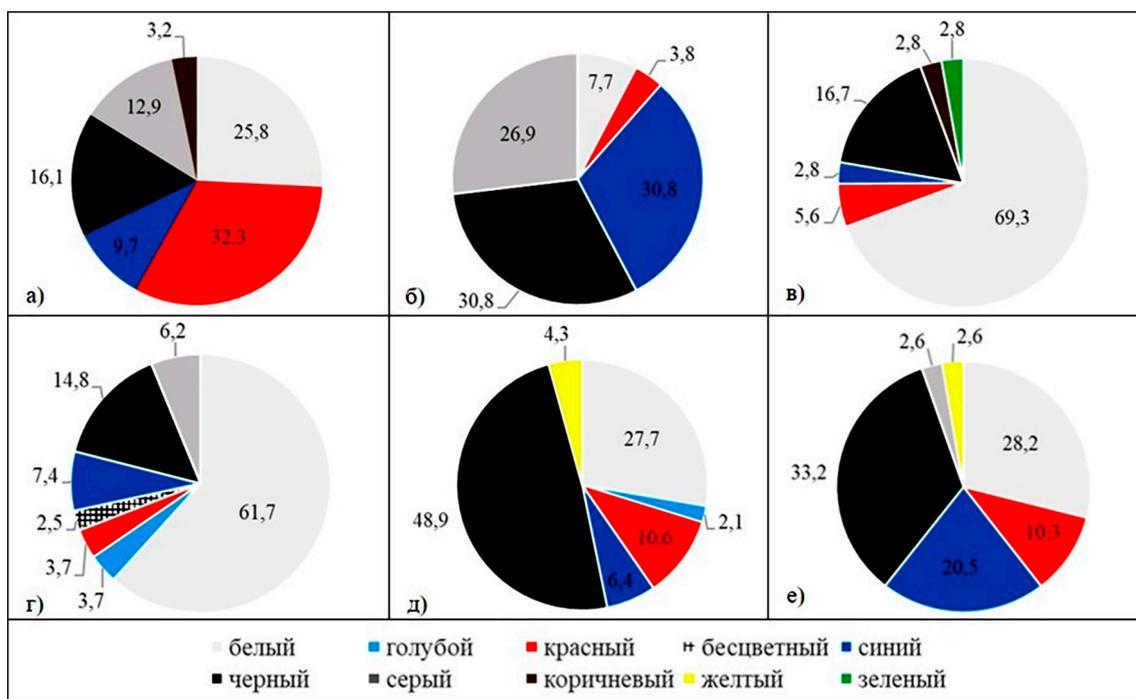


Рис. 4. Процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц: а) с. Терны, б) с. Калаис, в) с. Вячка, г) р. п. Инжавино, д) г. Уварово, е) с. Моисеево
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Также прослеживается следующая тенденция – доля содержания микропластиковых фрагментов увеличивается на створах ниже по течению от крупных населенных

пунктов, а на участках с минимальной антропогенной нагрузкой эта доля уменьшается. Так, максимальное содержание фрагментов микропластика обнаружено ниже

по течению г. Кирсанова и г. Уварово, а минимальное – ниже по течению от заповедника «Воронинский».

Однако обратная ситуация наблюдается с частицами микропластика в виде пленок. Их содержание в образцах воды выше по течению от г. Уварово меньше, чем в районе с. Моисеево (ниже по течению от г. Уварово). Но судить о какой-либо закономерности сложно, так как на других створах пленки обнаружены не были.

На рис. 4 видно, что процентное соотношение частиц микропластика в пробах воды в зависимости от цвета частиц неоднородно. Цвета обнаруженных частиц достаточно разнообразны. Основные цвета между створами выше и ниже по течению от городов и заповедника в целом схожи – это белый, красный, синий и черный. Доли этих цветов от общего количества на створах в районе г. Уварово и заповедника «Воронинский» отличаются не сильно. А на створах выше и ниже по течению от г. Кирсанова доли основных цветов имеют существенное различие. Остальные цвета обнаружены не на всех створах либо присутствуют в малых количествах. На створе 1 больше всего обнаружено красных и белых частиц, на створе 2 – синих, черных и серых, на створах 3 и 4 – белых, на створах 5 и 6 – черных.

Заключение

В ходе проведенной работы авторы пришли к следующим выводам.

Река Ворона на протяжении всего участка исследования загрязнена частицами микропластика. Причем ниже по течению от городов загрязнение сильнее, а в зонах с минимальной антропогенной нагрузкой река способна к самоочищению.

Размер обнаруженных частиц микропластика достаточно разнообразен и менее 4,5 мм. Наибольшее число частиц относится к мелким фракциям до 2 мм.

Видовой состав представлен в основном волокнами и фрагментами. Причем волокна в среднем составляют более 94 % от общего числа. На створах выше и ниже по течению от г. Уварово обнаружены единичные частицы микропластика в виде пленок.

Цветовая палитра идентифицированных в пробах частиц микропластика в совокупности представлена 10 цветами. Основные из них – белый, красный, синий и черный цвета. В среднем их совокупность составляет около 87 % от общего числа частиц микропластика.

Результаты проведенного исследования имеют практическую значимость для организации и ведения хозяйственной деятельности, а также проведения природоохранных мероприятий на территориях Кирсановского и Уваровского муниципальных округов. Особый интерес работа представляет для администрации округов при принятии решений по организации систем очистки сточных вод, ликвидации и предупреждению появления несанкционированных свалок мусора на водосборных территориях р. Вороны, при проведении просветительской работы с населением по теме минимизации загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами.

Список литературы

1. Соколов Ю. И. Риски самого ценного ресурса планеты // Проблемы анализа риска. 2020. № 1. С. 10–23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riski-samogo-tseennogo-resursa-planety> (дата обращения: 05.01.2026).
2. The USGS Water Science School. The World's Water. «Water, Water, Everywhere...». [Электронный ресурс]. URL: <https://web.archive.org/web/20131214091601/http://ga.water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> (дата обращения: 15.01.2026).
3. Кириллов А. Ф., Сидорова Л. И., Апсолихова О. Д. Гидробионты арктического пояса бассейна реки Яны // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65. № 3. С. 62–70. DOI: 10.48612/dalrybvuz/2023-65-08. EDN: YBLIJD.
4. Семчуков А. Н., Атавин А. А., Квон В. И. Оценка условий работы речных водозаборов в нижних бьефах ГЭС при суточном регулировании стока // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 2 (530). С. 73–81. EDN: NVJZRT.
5. Богомолова Т. Г., Курочкина В. А. Загрязнение речных русел на урбанизированных территориях и инженерные мероприятия по улучшению их экологического состояния // Вестник МГСУ. 2010. № 4–2. С. 399–404. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zagryaznenie-rechnyh-rusel-na-urbanizirovannyh-territoriyah-i-inzhenernye-meropriyatiya-po-uluchsheniyu-ih-ekologicheskogo> (дата обращения: 05.01.2026).
6. Атаев З. В. Загрязнение бассейна реки Самур пластиковыми и другими бытовыми отходами // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2021. № 3. С. 77–88. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48407995> (дата обращения: 05.01.2026). EDN: MAYHAX. DOI: 10.24412/2412-2025-2021-3-77-88.
7. Гальгана Ф. Океаны пластика // 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.: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2021. С. 150–156. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47942631&ysclid=mkzfnz24ki575546812> (дата обращения: 05.01.2026). EDN: GHFLWP.
8. ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора: официальный сайт. Микропластик. [Электронный ресурс]. URL: <https://cgon.rosпотребнадzor.ru/naseleniyu/zdorovyy-obraz-zhizni/mikroplastik/?ysclid=mk1hk8dxo5625922295> (дата обращения: 05.01.2026).
9. Беседнова Н. Н., Щелканов М. Ю., Запорожец Т. С., Галкина И. В., Гмошинский И. В. Влияние микро- и нанопластика на слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта и кишечный микробиом // Вопросы питания. 2023. Т. 92. № 6 (550). С. 6–17. URL: <https://elibrary.ru/item>

asp?id=57234954 (дата обращения: 17.01.2026). EDN: JXCOHN. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-6-6-17.

10. Мамедов М. Н., Савчук Е. А. Взаимосвязь микропластиков с факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2024. Т. 23. № 6. С. 66–71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67971157> (дата обращения: 06.01.2026). EDN: NPTJZH. DOI: 10.15829/1728-8800-2024-4069.

11. Исригова Т. А., Лукин А. А. Микропластик в пищевых продуктах – потенциальная угроза здоровью человека // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2023. № 3 (80). С. 93–98. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54221670> (дата обращения: 06.01.2026). EDN: SBJAXJ. DOI: 10.33979/2219-8466-2023-80-3-93-98.

12. Дудник Н. И. Реки Тамбовской области. Тамбов: Изд-во Тамбовского государственного педагогического института, 1991. С. 22.

13. Заповедник «Воронинский»: официальный сайт. О заповеднике. [Электронный ресурс]. URL: <https://voroninsky.ru/about/> (дата обращения: 07.01.2026).

14. 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. URL: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/10296> (дата обращения: 05.01.2026).

15. Пахомова С. В., Ершова А. А., Жданов И. А., Якушев Е. В. Методы исследования загрязнения микропластиком природных вод: современное состояние и рекомендации // Океанологические исследования. 2024. Т. 52. № 1. С. 80–120. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=68608946> (дата обращения: 07.01.2026). EDN: EUABEE. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2024;52(1):5.

16. 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. URL: <https://elibrary.ru/radfnh?ysclid=mkzgyz9ne123961004> (дата обращения: 07.01.2026). EDN: RADFHN. DOI: 10.24057/probl.geogr.157.21.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.