

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ

А.В. Клещенков¹, М.А. Анциферова^{1,2}, А.Е. Глушко^{1,2}, А.М. Коршун³

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

² Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

³ Северо-Кавказский филиал МТУСИ, г. Ростов-на-Дону

geo@ssc-ras.ru, marinaan981212@gmail.com,

arinaglushko01@gmail.com, a_korshyn@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена одной из актуальных проблем современной океанологии – изучению микропластика в природных и сточных водах. Несмотря на значительное количество работ, посвященных проблеме изучения микропластика в водных объектах, в настоящее время отсутствует единый подход к отбору и обработке проб, качественному и количественному определению микропластика.

Отсутствие полной информации о микропластике в пресноводных экосистемах препятствует научно обоснованной оценке экологического риска. Для более эффективного контроля за содержанием микропластика в природных и сточных водах рекомендуется использовать пробоотборные системы с различными ситами для улучшения качества и упрощения процедуры идентификации частиц. Предпринимаемые усилия по мониторингу, контролю и исследованию микропластика являются междисциплинарными и охватывают такие области, как океанография, гидрология, моделирование и химия. Для более полного понимания влияния микропластика на окружающую среду и здоровье человека необходимо решить несколько задач, включая разработку эффективной методики мониторинга, выявление основных факторов распространения и воздействия микропластика, а также оценку его роли в загрязнении водных экосистем. Важно продолжать исследования, сотрудничество и обмен опытом между исследователями для успешного решения проблемы микропластика в водных экосистемах и обеспечения надлежащего качества окружающей среды для будущих поколений.

Ключевые слова: микропластик, загрязнение, реки, сточные воды.

Микропластик (МП) – особый вид пластика, имеющий размер менее 5 мм. Ежегодно во всем мире производится около 300 млн т пластика, из которых до 13 млн т выбрасывается в реки и поступает в океаны, что позволяет прогнозировать к 2025 г. его совокупное количество в 250 млн т. Срок службы пластиковых изделий может варьировать от года до 50 лет в зависимости от материала и характера использования. Далее изделия либо утилизируются (9 %), либо используются для извлечения энергии (12 %), либо попадают на свалку (8 %) или выбрасываются в окружающую среду (71 %). Именно массовая практика безответственного выбрасывания разнообразных пластиковых изделий привела к загрязнению пресных и морских водоемов большим количеством МП [1].

Целью данной работы был аналитический обзор проблемы загрязнения микропластиком, методов и методик отбора, пробоподготовки и анализа проб природных поверхностных и сточных вод для количественного определения микропластика.

Для выполнения данной работы был проведен обзор литературы, включая научные статьи, исследования, доклады организаций и отчеты международных научных комиссий, посвященных проблеме микропластика в водных системах. Были проанализированы различные методы обнаружения и количественного анализа микропластика. Загрязнение сточных вод и рек является главным источником поступления микропластика в водные экосистемы.

Микропластик по своему происхождению делится на первичный и вторичный. Первичный МП непосредственно поступает в окружающую среду в виде мелких частиц. Как правило, это микрогранулы, пластиковые микроизделия и микрочастицы косметических продуктов и моющих средств. Вторичный микропластик образуется в результате разрушения больших пластиковых предметов и синтетических материалов, таких как пластиковые пакеты, бутылки, рыболовные сети, предметы личной гигиены, фильтры от сигарет и т.д. Вторичный микропластик составля-

ет больше половины всего МП, поступающего в водоемы.

Ведущие отечественные исследователи микропластика в природных водах отмечают [2–4], что поскольку воды суши относятся к основному источнику пластикового загрязнения Мирового океана [5], а также сами, являясь стратегическими водными ресурсами, подвержены влиянию этого нового загрязняющего вещества [6], изучение закономерностей его распространения в поверхностных водах весьма актуально.

Источниками поступления микропластика в водные объекты являются сточные воды, при этом ливневые и дренажные воды выступают в качестве основного фактора переноса МП в реки. Кроме того, источниками МП в сточных водах являются бытовые отходы (МП может образовываться из различных бытовых предметов из пластика, таких как пластиковые упаковки, бутылки, стаканчики, пакеты и другие пластиковые изделия, которые попадают в канализацию через унитазы и мойки); стирка одежды (во время стирки синтетической одежды мелкие волокна из пластика отрываются от одежды и проходят через систему стоков); износ автомобильных шин (при движении автомобиля на дороге, мелкие частицы резины отрываются от шин и затем попадают в водную систему через ливневые стоки и канализацию) и промышленность (сброс МП в сточные воды также может происходить в результате промышленных процессов, включая производство и переработку пластиковых материалов).

Изучение микропластика в водной среде является динамичной междисциплинарной областью исследований, охватывающей и объединяющей такие дисциплины, как океанография, гидрология, мониторинг окружающей среды, моделирование, химия и токсикология. В последние годы совместные усилия исследователей расширили понимание воздействия МП на окружающую среду, особенно благодаря предоставлению обширных данных мониторинга. Однако текущая исследовательская деятельность в мире в целом и в России в частности сосредоточена главным образом на изучении морского МП. Вместе с тем есть сведения о наличии микропластика в природных и сточных водах на территории России. Микропластик встречен в Балтийском, Белом, Баренцевом, Черном, Японском морях, реках Дон, Волга, Ока, Онега, Северная Двина, Ладожском и Онежском озерах, озере Байкал, Цимлянском водохранилище и др.

Исследования, проведенные в Финском заливе Балтийского моря, показывают, что основным источником МП в заливе является сток реки Невы [7]. Результаты экологического проекта «Без рек как без рук» демонстрируют наличие загрязнения МП речных систем России. Средние концентрации микропластика составили 0,42 частицы на куб. м в Северной Двине и 0,67 – в Онеге, годовой сток микропластика составляет у этих рек 150 и 43 т в год соответственно. На Волге, выше крупных городов содержание МП находится в интервале от 0,1 до 1 частицы на м³ воды. Ниже крупных городов концентрация МП растет: так, после Нижнего Новгорода количество МП возрастает до 2, а ниже Казани – до 4 частиц на м³. В Цимлянском водохранилище отмечалась концентрация на уровне 0,05–0,3 частицы на кубометр. По нашим данным, валовый сток микропластика в современный маловодный период при годовом стоке Дона на уровне 18 км³, составляет 11,6 т/год. Это сопоставимо с поступлением со стоком МП с водами Рейна (10 т/год) и Дуная с территории Австрии (17 т/год), но в 5 раз меньше, чем поставляет Дунай в Черное море (50 т/год).

Данные о речных и озерных водах и пресноводных экосистемах все еще фрагментарны. Этот недостаток знаний препятствует научно-обоснованной оценке экологического риска, связанного с нахождением МП в поверхностных водных объектах. Такая оценка необходима для облегчения общественной и политической дискуссии по этому вопросу на национальном и международном уровнях, которая, в зависимости от результата, в итоге приведет к принятию мер по смягчению негативных последствий загрязнения окружающей среды. Тем не менее ученым-экологам сначала необходимо заполнить пробелы в знаниях о воздействии и опасности МП в природных водах и связанных с ним химических веществах.

В связи с этим остаются до сих пор актуальными следующие задачи:

- разработка эффективной методики мониторинга и контроля МП в поверхностных водах суши и сточных водах;
- выявление основных факторов, обуславливающих наличие, количество и пространственное распределение МП в поверхностных водах;
- понимание процесса разложения пластиковых отходов и образования МП;
- оценка роли рек в выносе частиц пластика в океан;

- оценка и понимание процессов взаимодействия живых организмов с частицами пластика;
- оценка влияния пластика на качество воды, аквакультуру и водную экосистему в целом.

Для отбора образцов с целью определения количественного и качественного содержания МП в природных водах существуют различные методики и типы аппаратного обеспечения, в зависимости от целей исследования и объекта работ. С целью осуществления контроля за содержанием микропластика в природных и сточных водах наиболее целесообразно применять пробоотборную систему, состоящую из комплекта сит с заданным размером ячеек (5, 0,3 и 0,1 мм) и обеспечивающую возможность прокачки через них заданного объема воды. Такой подход способен обеспечить ряд преимуществ, среди которых стоит отметить четкую геопривязку места отбора пробы воды, так как проба может отбираться в локальной области исследуемой акватории или водотока, сопоставимой по размерам с таковой при традиционных способах отбора проб воды на основные загрязняющие вещества. Кроме того, предлагаемый подход обеспечивает отбор проб воды из всей водной толщи с различных горизонтов, что также является преимуществом в получении полной картины загрязнения водного объекта МП.

Работа выполнена в рамках научного проекта «Разработка методологии определения количественного и качественного содержания микропластика в природной поверхностной воде» и госзадания ЮНЦ РАН № госрегистрации 122011900153-9.

Список литературы

1. Ластовина Т.А., Галушка С.С., Бескопильный Е.Р., Клещенков А.В., Филатова Т.Б., Пляка П.С., Будник А.П. Загрязнение микропластиком природных водоемов: концентрации, риски и методы исследований // Труды ЮНЦ РАН. Т. 8: Моделирование и анализ опасных природных явлений в Азовском регионе. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С. 237–255. DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-237-255.
2. Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И., Лобчук О.И., Исаченко И.А., Буканова Т.В. Микропластик в морской среде. М.: Научный мир, 2021. 520 с.
3. Казмирук В.Д. Микропластик в окружающей среде: Нарастающая проблема планетарного масштаба. М.: ЛЕ-НАНД, 2020. 432 с.
4. Зобков М.Б., Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Белкина Н.А., Ковалевский В.В., Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Галахина Н.Е. Озера как аккумуляторы микропластика на пути с суши в Мировой океан: обзор исследований // Известия Русского географического общества. 2021. Т. 153. № 4. С. 68–86.
5. GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection): Proceedings of the GESAMP International Workshop on plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans // GESAMP Rep. Stud. No. 82 / eds. T. Bowmer, P. Kershaw. Paris: UNESCO-IOC, 2010. 68 p.
6. Horton A.A., Walton A., Spurgeon D.J., Lahive E., Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 586. P. 127–141.
7. Поздняков Ш.Р., Иванова Е.В., Гузева А.В., Шалунова Е.П., Мартинсон К.Д., Тихонова Д.А. Исследование содержания частиц микропластика в воде, донных отложениях и грунтах прибрежной территории Невской губы Финского залива // Водные ресурсы. 2020. Т. 47 (4). С. 411–420.
8. Masura J., Baker J., Foster G., Courtney A. 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: NOAA Marine Debris Division, 2015. 39 p.
9. Зобков М.Б., Есюкова Е.Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 149–157.

MODERN PROBLEMS OF THE STUDY OF MICROPLASTICS IN NATURAL AND WASTE WATER

A.V. Kleshchenkov¹, M.A. Antsiferova^{1,2}, E.A. Glushko^{1,2}, A.M. Korshun³

¹ Federal Research Centre of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don

² Southern Federal University, Rostov-on-Don

³ North Caucasus Branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics
geo@ssc-ras.ru, marinaan981212@gmail.com, arinaglushko01@gmail.com, a_korshyn@mail.ru

Abstract. The article is devoted to one of the urgent problems of modern oceanology – the study of microplastics in natural and waste waters. Despite a significant number of works devoted to the problem of studying microplastics in water bodies, there is currently no unified approach to sampling and processing of samples, qualitative and quantitative determination of microplastics. The purpose of this work was an analytical review on the problem of microplastic pollution, methods and techniques for sampling, sample preparation and analysis of samples of natural surface and waste water for the quantitative determination of microplastics. To accomplish this work, a review of the literature was conducted, including scientific articles, studies, reports of organizations and reports of international scientific commissions on the problem of microplastics in water systems. Various methods for detecting and quantifying microplastics have been analyzed. Pollution of sewage and rivers is the main source of microplastics entering aquatic ecosystems. The lack of complete information about microplastics in freshwater ecosystems hinders scientifically based environmental risk assessment. For more effective control of microplastic content in natural and waste waters, it is recommended to use sampling systems with different sieves to improve the quality and simplify the identification of particles. Efforts to monitor, control and study microplastics are multidisciplinary, spanning areas such as oceanography, hydrology, modeling and chemistry. To better understand the impact of microplastics on the environment and human health, several tasks need to be solved, including the development of an effective monitoring methodology, identification of the main factors in the spread and impact of microplastics, and an assessment of its role in polluting aquatic ecosystems. It is important to continue research, collaboration and exchange of experience between researchers to successfully address the problem of microplastics in aquatic ecosystems and ensure the proper quality of the environment for future generations.

Keywords: microplastics, pollution, rivers, waste waters.

References

1. Lastovina T.A., Galushka S.S., Beskopylnyi E.P., Kleshchenkov A.V., Filatova T.B., Playaka P.S., Budnyk A.P. [Microplastic pollution of natural water bodies: concentrations, risks and research methods] *Zagrjaznenie mikroplastikom prirodnyh vodoemov: koncentracii, riski i metody issledovaniy*. Studies of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences. Editor-in-Chief Acad. G.G. Matishov. Issue VIII (2020): Modelling and Analysis of Natural Hazards in the Sea of Azov Region. Managing Editor of the Issue Dr. (Geography) S.V. Berdnikov. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2020. P. 237–255. (In Russian). DOI: 10.23885/1993-6621-2020-8-237-255.
2. Chuberenko I.P., Esiukova E.E., Khatmullina L.I., Lobchuk O.I., Isachenko I.A., Bukonova T.V. [Microplastics in the marine environment] *Mikroplastik v morskoy srede*. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2021. 520 p. (In Russian).
3. Kazmiruk V.D. [Microplastics in the environment: A growing problem on a planetary scale]. *Mikroplastik v okruzhayushchey srede: Narastayushchaya problema planetarnogo masshtaba*. Moscow, Lenand Publ., 2022. 432 p. (In Russian).
4. Zobkov M.B., Chuberenko I.P., Esiukova E.E., Belkina N.A., Kovalevskiy V.V., Zobkova M.V., Efremova T.A., Galakhbna N.E. Lakes as accumulators of microplastics on the way from land to the oceans: a review of research. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. [Proceedings of the Russian Geographical Society]. Vol. 153. No. 4. 2021. P. 68–86. (In Russian).
5. GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection): Proceedings of the GESAMP International Workshop on plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans. GESAMP Rep. Stud. No. 82 / eds. T. Bowmer, P. Kershaw. Paris: UNESCO-IOC, 2010. 68 p.
6. Horton A.A., Walton A., Spurgeon D.J., Lahive E., Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 586. P. 127–141.
7. Pozdnyakov Sh.R., Ivanova E.V., Guzeva A.V., Shalunova E.P., Martinson K.D., Tikhonova D.A. Study of the content of microplastic particles in water, bottom sediments and soils of the coastal territory of the Neva Bay of the Gulf of Finland. *Vodnye resursy* [Water resources]. Vol. 47. No. 4. 2020. P. 411–420. (In Russian).
8. Masura J., Baker J., Foster G., Courtney A. 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: NOAA Marine Debris Division, 2015. 39 p.
9. Zobkov M.B., Esiukova E.E. Microplastics in the marine environment: a review of sampling, preparation and analysis of water, sediment and coastal sediments. *Okeanologiya* [Oceanology] Vol. 58. Issue 1. 2018. P. 149–157. (In Russian).