

## **МИКРОПЛАСТИК В МОРСКИХ И ПРЕСНЫХ ВОДОЕМАХ РОССИИ: ИСТОЧНИКИ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, БИОУГРОЗЫ**

**Кизеев А.Н., Сюрин С.А.**

*Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья  
Федеральной службы по надзору  
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация  
aleksei.kizeev@mail.ru*

В работе представлены данные научной литературы о загрязнении морских и пресных вод России микропластиком, представляющим потенциальную угрозу водной биоте и здоровью человека. Анализ 20 публикаций позволил оценить масштаб загрязнения российских водоемов микропластиком и обобщить оказываемые им негативные воздействия на водную биоту. В то же время данные литературы о воздействии микропластика на организм человека весьма ограничены и пока не позволяют сделать обоснованных выводов.

**Ключевые слова:** микропластик, водоемы, водная биота, здоровье человека.

*Введение.* Развитие органической химии в XX веке привело к появлению синтетических полимеров, обладающих рядом полезных свойств и облегчающих жизнь человеку. Однако на сегодняшний день острым вопросом является загрязнение пластиком окружающей среды. С 1950 по 2020 годы на планете было произведено почти 9 млрд. т пластика, из которого 9% переработано, 12% сожжено, а 79% находится в переработанном виде на полигонах твердых бытовых отходов, нелегальных свалках мусора или в природной среде [1, 2].

Пластиковые изделия, попадающие в водные объекты, подвергаются фотоокислению и со временем распадаются до микрочастиц размером до 5 мм [3, 4]. Микропластик состоит из широко распространенных видов пластиков: полиэтилена, полипропилена, полистирола, поливинилхлорида, полиэтилентерефталата и различается по размеру, удельной плотности, форме [2].

Первые сообщения об обнаружении микрочастиц пластика в пробах планктона относятся к началу 1970-х годов [5], однако до начала 2000-х годов они не привлекали большого внимания научного сообщества. Понятие «микропластик» впервые появилось в научной литературе в 2004 году благодаря биологу Ричарду Томпсону [6]. По его мнению, микропластик – это первоначально крупные пластиковые элементы, которые с течением времени распадаются в морской среде на мелкие пластиковые частицы. На сегодняшний день загрязнение микропластиком российских акваторий является актуальной проблемой и вызывает естественные опасения возникновения угрозы для водных организмов, а также создает потенциальные риски здоровью человека.

Цель исследования заключалась в анализе и систематизации данных научной литературы о загрязнении морских и пресных водоемов России микропластиком и возникающей угрозе водной биоте и здоровью человека.

*Материалы и методы исследований.* В работе выполнен обзор исследований микропластикового загрязнения в морских и пресных водах России. Были изучены публикации, представленные в библиографических базах данных Web of Science, Scopus, PubMed и РИНЦ. Поиск производился по ключевым словам: микропластик, водоемы, водная биота, риски здоровью человека. В связи с ограниченным объемом настоящей публикации, из более чем 200 проанализированных литературных источников, в обзор включены данные 20 наиболее значимых, по нашему мнению, научных работ.

Результаты и их обсуждение. Библиографический поиск показал растущий интерес к проблеме загрязнения микропластиком морских и пресных вод России. Берега России омывают 13 морей, которые относятся к бассейнам Атлантического, Северного Ледовитого и Тихого океанов и находятся в зонах умеренного, субполярного и полярного климата. В настоящее время экспедиционные работы по изучению пластикового загрязнения проведены в 10 морях России. В публикациях сообщается о микропластике в воде, в прибрежных песках, в донных отложениях и во льду. Однако большинство исследований, проводимых в российских морях, носят предварительный характер и нацелены либо на сбор и анализ проб в среде, где ранее пробы не отбирались, либо на разработку и тестирование новых методов и оборудования [7].

В арктические моря России поступает значительное количество пластиковых частиц с ветвями атлантических течений из густонаселенных районов Европы и Америки. Вследствие этого в Баренцевом море (его восточной части) может формироваться «мусорное пятно», в добавок к тем «пятнам», которые уже присутствуют в мировом океане. Такое предположение обусловлено тем, что в Баренцевом море исследователями обнаружено максимальное количество микропластика, составляющее 30 шт./м<sup>3</sup>. Меньшее количество частиц микропластика было найдено в Карском море (9 шт./м<sup>3</sup>), море Лаптевых (7 шт./м<sup>3</sup>), Белом море (6,42 шт./м<sup>3</sup>) и Восточно-Сибирском море (2 шт./м<sup>3</sup>) [7-10], несмотря на то, что данные моря являются местом стока крупных рек Европейского Севера России и Сибири (Северная Двина, Обь, Енисей, Лена и др.). При этом количественный вклад этих рек в загрязнение микропластиком морей Северного Ледовитого океана пока остается неопределенным. Микропластики пластика могут поступать в российские моря и с тихоокеанскими течениями. Данным обстоятельством может объясняться повышенная концентрация микропластика в водах морей Северного Ледовитого и Тихого океанов – Чукотского моря (до 26 шт./м<sup>3</sup>), Берингова моря (до 81 шт./м<sup>3</sup>) и Охотского моря (до 357 шт./м<sup>3</sup>) [8].

В российских водах внутриматериковых морей Атлантического океана концентрация микропластика существенно не отличалась от морей Северного Ледовитого океана. В водах Балтийского моря содержалось менее 10 шт./м<sup>3</sup> микропластика, а в водах Черного моря – до 7 шт./м<sup>3</sup> [7].

За последние годы были выполнены исследования по изучению микропластика в пресных водах России. Проведены исследования поверхностных вод крупных российских рек. Анализ образцов воды показал, что максимальное количество микропластика содержится в левом притоке Волги – реке Казанке (до 210 шт./м<sup>3</sup>), притоке Северной Двины – реке Вычегде (76 шт./м<sup>3</sup>), в Оби (51 шт./м<sup>3</sup>), Томи (44

шт./м<sup>3</sup>) и в притоке Камы – реке Меше (41 шт./м<sup>3</sup>). Менее загрязненными микропластиком являются воды в притоке Оби – реке Ишим (4,56 шт./м<sup>3</sup>), в Волге (до 4,10 шт./м<sup>3</sup>), Енисее (2,95 шт./м<sup>3</sup>) и Нижней Тунгуске (2,58 шт./м<sup>3</sup>) [11-13]. Содержание микропластика в озере Байкал составляло от 0,03 до 3,85 шт./м<sup>3</sup> [14]. Вероятными источниками микропластика в пресных водоемах являются неправильная утилизация пластиковых отходов в населенных пунктах, повсеместное использование синтетических материалов, интенсивный рыбный промысел и замусоривание пластиком берегов.

Исследования содержания микропластика в тканях водных организмов (в основном, в условиях Арктики) крайне немногочисленны. Микропластик способен поглощаться арктической биотой: моллюсками, морскими звездами, актиниями, крабами и др. При этом наибольшая концентрация микрочастиц обнаружена в тканях голубых мидий (4,29-10,81 шт./особь) в Баренцевом море, а минимальная – в крабе-стригуне (0,0-0,6 шт./особь) в Чукотском море. Среди представителей биоты Чукотского моря повышенная концентрация микропластика была выявлена в актиниях (0,2-1,7 шт./особь); в морских звездах число микрочастиц составило 0,04-1,67 шт./особь [15]. Гораздо меньшее внимание в научной литературе обращено на пресноводную биоту. Впервые в России данной проблемой заинтересовались ученые из Центра исследования микропластика в окружающей среде Биологического института Томского государственного университета, которые в рамках проекта по изучению загрязненности Оби и ее притоков установили присутствие значительного количества микрочастиц пластика (размером от 0,15 до 2,00 мм) в пищеварительном тракте ельца, выловленного из р. Томь [16].

Данных о каком-либо воздействии микропластика на представителей водной биоты в России, включая негативное, в проанализированной научной литературе обнаружено не было. Однако, такие сведения были получены при проведении исследований в других регионах мира. Установлено связанное с микропластиком нарушение репродуктивного и пищевого поведения, а также снижение выживаемости у веслоногих ракообразных и у рыб [15].

Биоаккумуляция пластика в водной биоте рассматривается как потенциальная угроза организмам более высоких трофических уровней. А поскольку человек находится на вершине пищевой цепи, существует вероятность того, что пластиковое загрязнение повлияет на его здоровье. Опубликованных результатов исследований, касающихся воздействия микропластика на здоровье человека, употребляющего в пищу водные биоресурсы или использующего питьевую воду из пресных водоемов России, найдено не было. Но за пределами нашей страны такие сведения были получены. Микропластик обнаружен в образцах крови (преимущественно, частицы полиэтилентерефталата, полистирола и полиэтилена) [17] и в тканях легких (частицы полипропилена, полиэтилентерефталата и синтетических смол) [18]. В клинических наблюдениях у больных с заболеваниями кишечника обнаружена высокая концентрация микропластика в фекалиях (главным образом, частицы полиэтилентерефталата и полиамида); высказано предположение о задержке микрочастиц в воспаленном кишечнике [19]. В отличие от клинических, данные лабораторных исследований позволяют говорить о потенциальном многоплановом негативном влиянии микрочастиц пластика на организм человека [20]. Однако его

подтверждения в виде нозологических форм заболеваний или иных видов нарушений здоровья пока не получено. Именно поэтому для микропластика не разработан предельно допустимый безопасный уровень загрязнения (ПДК) как в России, так и в мире.

*Заключение.* Проанализированные данные научной литературы свидетельствуют о том, что микропластик является одним из приоритетных загрязнителей морских и пресных водоемов России. Отмечено накопление микрочастиц пластика водной биотой. Имеющаяся в литературе информация о влиянии микропластика на организм человека имеет весьма ограниченный характер, что свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения этого вопроса. Полученные в данной работе результаты послужат основой для разработки и реализации собственных научных исследований воздействия микропластика на биологические объекты и человека в различных регионах страны, включая районы Арктики.

### Библиографические ссылки

1. Plastics Europe. Plastics – the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data [Электронный ресурс] // Brussels: Plastics Europe. 2021. URL: <https://plasticseurope.org>.
2. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // Science Advances. 2017. Vol. 3. e1700782.
3. Рудаков, О.Б., Рудакова, А.В. Наночастицы из пластика – актуальный контаминант пищевой продукции // Мясные технологии. 2019. № 10. С. 26-29.
4. Румянцев, В.А., Поздняков, Ш.П., Крюков, Л.Н. К вопросу о проблеме микропластика в континентальных водоемах // Российский журнал прикладной экологии. 2019. № 2. С. 60-64.
5. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // Science. 1972. Vol. 175. pp. 1240-1241.
6. Lost at sea: where is all the plastic? / R.C. Thompson [et al.] // Science. 2004. Vol. 304. P. 838.
7. Investigations of plastic contamination of seawater, marine and coastal sediments in the Russian seas: a review / A. Bagaev [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28. Iss. 25. pp. 32264-32281.
8. Исследование загрязнения микропластиком морей российской Арктики и Дальнего Востока / А.А. Ершова [и др.] // Арктика: экология и экономика. 2021. Т.11. № 2. С. 164-177.
9. Микропластик в морской среде: монография / И.П. Чубаренко [и др.]. – Москва: Научный мир, 2021. – 520 с.
10. Авдоница, Н.С., Соболев, Н.А. Воздействие прибрежного мусора на биологические ресурсы арктических морей // Арктика и Север. 2022. №47. С. 260-267.
11. Preliminary Screening for Microplastic Concentrations in the Surface Water of the Ob and Tom Rivers in Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.] // Sustainability. 2021. Vol. 13. No. 1. P. 80.
12. Evidence for Microplastics Contamination of the Remote Tributary of the Yenisei River, Siberia – The Pilot Study Results / Y.A. Frank [et al.] // Water. 2021. Vol. 13. No. 22. P. 3248.
13. Microplastics Abundance in Volga River: Results of a Pilot Study in Summer / A.A. Lisina [et al.] // Geography, Environment, Sustainability. 2021. Vol. 14. No 3. pp. 82-93.
14. Ильина, О.В., Колобов, М.Ю., Ильинский, В.В. Пластиковое загрязнение прибрежных поверхностных вод среднего и южного Байкала // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. №1. С. 42-51.
15. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications / C. Fang [et al.] // Environmental Research. 2021. Vol. 192. p. 110326.
16. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.] // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 52. С. 130-139.
17. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood / H.A. Leslie [et al.] // Environmental International. 2022. Vol. 163. P. 107199.
18. Detection of microplastics in human lung tissue using  $\mu$ FTIR spectroscopy / L.C. Jenner [et al.] // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 831. P. 154907.
19. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status / Z. Yan [et al.] // Environmental Science and Technology. 2022. Vol. 56. No. 1. pp. 414-421.
20. Impact of Microplastics and Nanoplastics on Human Health / M.S.-L. Yee [et al.] // Nanomaterials. 2021. Vol. 11. P. 496.