



Обзорная статья

ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ВОДЫ – УГРОЗА ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

О.О. Синицына¹, Г.Б. Еремин², В.В. Турбинский¹, М.В. Пушкарева¹,
М.А. Ширяева¹, О.Л. Маркова², Д.С. Борисова²

¹Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана, Россия, 141000, Московская область, г. Мытищи, ул. Семашко, 2

²Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья, Россия, 191036, г. Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., 4А

Актуальность загрязнения водных объектов и питьевой воды микропластиком связана с широким использованием пластмасс во многих отраслях промышленности, сельском хозяйстве, в производстве бытовой химии и медицинских препаратов. Опасность микропластика для здоровья человека обусловлена как физическим воздействием, так и химическими веществами, входящими в его состав, а также микроорганизмами, которые могут находиться на его поверхности.

В ряде работ зарубежных исследователей показаны механизмы образования и попадания микропластика как в морскую, так и пресную воду. Имеются исследования, подтверждающие наличие микропластика в воде морей и рек Российской Федерации.

Исследования по обнаружению микропластика в тканях водных организмов немногочисленны. По данным зарубежных авторов, микропластик способен поглощаться моллюсками, морскими звездами, актиниями, крабами и др. Отечественными исследователями подтверждено присутствие значительного количества микропластика в пищеварительном тракте ельца, выловленного из р. Томи. В ряде зарубежных исследований выявлено воздействие микропластика на репродуктивность, пищевое поведение, а также на снижение выживаемости у ракообразных и рыб.

Известно, что рыбная продукция является важным источником микропластика в рационе питания человека. Биоаккумуляция микропластика в водной биоте рассматривается как потенциальная угроза организмам более высоких трофических уровней, в том числе человеку, который находится на вершине пищевой цепи.

Отсутствие унифицированных методов отбора проб воды, недостаточность исследований по изучению воздействия микропластика на организм человека, отсутствие методологии гигиенического нормирования микропластика в воде определяют необходимость проведения исследований, направленных на выявление источников и причин загрязнения микропластиком водных объектов, в том числе источников питьевого водоснабжения, оценки риска для здоровья населения и обеспечения безопасных условий водопользования.

Ключевые слова: микропластик, водные объекты, питьевая вода, фактор риска, здоровье человека, биоаккумуляция, негативное воздействие, биота, загрязнение водной среды.

© Синицына О.О., Еремин Г.Б., Турбинский В.В., Пушкарева М.В., Ширяева М.А., Маркова О.Л., Борисова Д.С., 2023
Синицына Оксана Олеговна – член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе (e-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru; тел.: 8 (926) 447-08-74; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0241-0690>).

Еремин Геннадий Борисович – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела анализа рисков здоровью населения (e-mail: s-znc@mail.ru; тел.: 8 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>).

Турбинский Виктор Владиславович – доктор медицинских наук, заведующий отделом гигиены воды (e-mail: turbinskii.vv@fncg.ru; тел.: 8 (920) 666-72-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7668-9324>).

Пушкарева Мария Васильевна – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела гигиены воды (e-mail: pushkareva.mv@fncg.ru; тел.: 8 (912) 980-92-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5932-6350>).

Ширяева Маргарита Александровна – младший научный сотрудник отдела гигиены воды (e-mail: Shiryayeva.MA@fncg.ru; тел.: 8 (903) 161-14-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8019-1203>).

Маркова Ольга Леонидовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения (e-mail: s-znc@mail.ru; тел.: 8 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>).

Борисова Дарья Сергеевна – младший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения (e-mail: s-znc@mail.ru; тел.: 8 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-5334>).

Мировое производство пластмассовых изделий постоянно растет, поскольку эти материалы присутствуют во всех сферах нашей жизни. С момента появления пластика до настоящего времени производство этого материала выросло до огромных масштабов. За период с 1950 по 2020 г. на Земле было произведено почти 9 млрд тонн пластика. В настоящее время лишь 9 % этого объема было переработано, 12 % сожжено, а оставшиеся 79 % не были подвергнуты переработке и находятся на полигонах твердых бытовых отходов, нелегальных свалках или в природной среде [1].

В настоящее время все большую обеспокоенность мирового сообщества вызывает загрязнение водных объектов пластиковыми отходами. Так, в настоящее время в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в процессе разработки и согласования на межправительственном уровне находится Международное юридически обязательное соглашение по борьбе с загрязнением пластмассами, в том числе в морской среде [2]. С 29 мая по 2 июня прошла 2-я сессия Межправительственного переговорного комитета для подготовки международного юридически обязательного документа о прекращении загрязнения окружающей среды пластиком. В работе сессии Межправительственного переговорного комитета активное участие приняли представители федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации, а именно МИД России, Минприроды России, Роспотребнадзора, а также представители Российской академии наук и ППК «Российский экологический оператор».

Материалы и методы. По материалам зарубежных и отечественных исследователей проведен анализ состояния загрязнения пластмассами водных объектов и водной биоты. Особое внимание среди загрязнений водных объектов пластмассами привлекает микропластик, который широко используется в промышленной и сельскохозяйственной продукции, бытовой химии, медицинских препаратах («первичный» микропластик), а также микропластик, который образуется в результате фотодеструкции пластиковых изделий («вторичный» микропластик).

Потенциальная опасность микропластика для здоровья человека может быть обусловлена физическим воздействием, химическими веществами, входящими в его состав, а также микроорганизмами из пленок, которые образуются на его поверхности.

Первые сообщения об обнаружении микропластиков в пробах планктона относятся к началу 1970-х гг., однако до начала 2000-х гг. они не привлекали большого внимания научного сообщества. Понятие «микропластик» впервые появилось в научной литературе в 2004 г. благодаря биологу Ричарду Томпсону. Согласно мнению ряда исследователей, микропластик изначально представляет собой крупные элементы пластика, которые распадаются на мелкие частицы, размеры которых достигают 1 мкм – 5 мм [3–12].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования микропластика в водных объектах.

В настоящее время водная среда по всему миру становится объектом возрастающего интереса. Это связано с постоянно растущим количеством микропластика, который состоит из широко распространенных пластмасс, включая полиэтилен, полистирол, полипропилен, полиамиды и поливинилхлорид. Эти пластмассы отличаются не только по размеру, но и по форме и удельной плотности и, как правило, обнаруживаются в водных объектах. Микропластик, содержащийся в воде, способен адсорбировать различные загрязняющие вещества, такие как пестициды, фармацевтические препараты, средства личной гигиены, металлы и микроорганизмы, и переносить их в различные экосистемы.

Исследования А.И. Andrady (2011) и других ученых показали, что при воздействии солнечного ультрафиолетового излучения и механических сил, например, при действии волн и приливов, пластмассы уменьшают свой средний молекулярный вес, что приводит к их разрушению до более мелких фрагментов. Эти фрагменты пластика становятся достаточно хрупкими и могут рассыпаться на порошкообразные частицы, которые часто оказываются микропластиком. Одновременно с этим происходит вымывание химических веществ из пластмасс, что увеличивает токсичность водной среды. Таким образом, загрязнение воды микропластиком становится актуальной проблемой сохранения экологической устойчивости водных объектов [13–20]. Пресноводная среда также подвержена загрязнению микропластиком. М. Eriksen et al. в 2014 г. опубликовали первое исследование открытой воды на предмет загрязнения пластиком в системе Лаврентийских Великих озер. Образцы были собраны с 21 участка в трех озерах (озера Верхнее, Гурон и Эри) и исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM). Все образцы, кроме одного, содержали пластик. Их средняя численность составляла 43 157 частиц/км².

Пробы из озера Эри имели самую высокую концентрацию микропластика, составляя 85 % всех микропластиковых частиц, собранных во всех образцах вместе взятых, размер частиц варьировался от 0,36 до 0,99 мм. Определены пять категорий микропластика, наиболее распространенными были гранулы и фрагменты, составляющие 81 % от общего количества частиц [21].

В настоящее время экспедиционные работы по изучению пластикового загрязнения проведены в 10 морях России [22].

В арктические моря России значительное количество пластиковых частиц поступает с атлантическими течениями из густонаселенных районов Европы и Америки. В Баренцевом море исследователями обнаружено максимальное количество микропластиков, составляющее 30 шт./м³. Меньшее количество частиц микропластика найдено в Карском море (9 шт./м³), море Лаптевых (7 шт./м³),

Белом море (6,42 шт./м³) и Восточно-Сибирском море (2 шт./м³), несмотря на то, что данные моря являются местом стока крупных рек Европейского Севера России и Сибири (Северная Двина, Обь, Енисей, Лена и др.). Количественный вклад этих рек в загрязнение микропластиком морей Северного Ледовитого океана пока остается неопределенным.

Микропластик может поступать в российские моря и с тихоокеанскими течениями. Данным обстоятельством может объясняться повышенная концентрация микропластика в водах Чукотского (до 26 шт./м³), Берингова (до 81 шт./м³) и Охотского морей (до 357 шт./м³).

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./м³ микропластика, а в водах Черного моря – до 7 шт./м³.

В последние годы были проведены исследования по анализу микропластика в пресных водах крупных рек России. Определение количества микропластика в образцах воды показало, что наибольшее количество микропластиковых частиц обнаружено в левом притоке Волги – реке Казанке (до 210 шт./м³), притоке Северной Двины – реке Вычегде (76 шт./м³), в Оби (51 шт./м³), Томи (44 шт./м³) и в притоке Камы – реке Меше (41 шт./м³). В то же время менее загрязнены микропластиком воды в реке Ишим (4,56 шт./м³), Волге (до 4,10 шт./м³), Енисее (2,95 шт./м³) и Нижней Тунгуске (2,58 шт./м³). Также было обнаружено содержание микропластика в озере Байкал, которое составило от 0,03 до 3,85 шт./м³. Результаты исследований показывают, что уровень микропластика в пресных водах крупных рек России значительно различается в зависи-

мости от региона. Для дальнейшего изучения данной проблемы необходимы более детальные исследования в различных водных объектах с учетом не только географического расположения, но и таких факторов, как наличие промышленных объектов, плотность населения и другие (рис. 1).

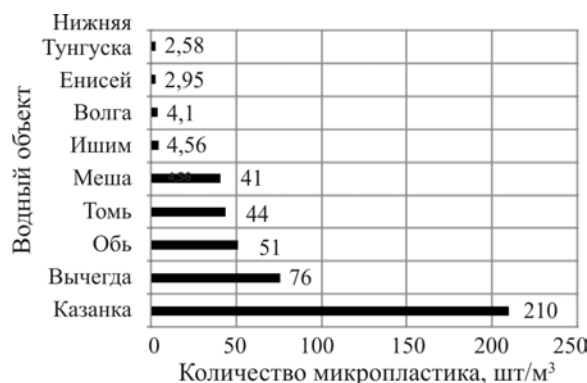


Рис. 1. Содержание микропластика в реках Российской Федерации

Исследования содержания микропластика в тканях водных организмов крайне немногочисленны. По данным зарубежных авторов, микропластик способен поглощаться арктической биотой: моллюсками, морскими звездами, актиниями, крабами и другими водными организмами (рис. 2).

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) и в морских звездах (0,04–1,67 шт./особь) [23–25].



Рис. 2. Содержание микропластика в живых организмах водной среды [26–28]

Следует отметить, что исследованиям по обнаружению микропластика в живых организмах пресноводной биоты в научной литературе уделено гораздо меньшее внимание.

Впервые в России изучение концентраций микропластика в живых организмах, обитающих в водоемах России, проведено учеными Центра исследований Биологического института Томского государственного университета, которые в рамках проекта по изучению загрязненности Оби и ее притоков установили присутствие значительного количества микропластика (размером от 0,15 до 2,00 мм) в пищеварительном тракте ельца, выловленного из р. Томь.

Влияние микропластика на организм. Данные о влиянии микропластика на водную среду и биоту в Российской Федерации недостаточно. Однако в зарубежных источниках найдены сведения, согласно которым отмечено нарушение репродуктивного и пищевого поведения, связанного с микропластиком.

Физические особенности микропластика включают размер, форму, поверхность, а также способность адсорбировать химические загрязнители и патогены в пищевой цепи.

Согласно зарубежному исследованию [29], биоаккумуляция микропластика в водной биоте считается потенциальной угрозой для организмов высших трофических уровней. Загрязнение микропластиком способно оказать неблагоприятное воздействие и на здоровье человека, поскольку человек находится на высшем уровне трофической цепи. Из пищевых продуктов наибольшую опасность представляют морепродукты, при регулярном употреблении которых, согласно упомянутому исследованию, в организм человека может попасть до 11 тысяч частиц микропластика в год.

Источником поступления микропластика в организм человека может являться питьевая вода [30]. Считается, что потребление бутилированной воды приводит к проглатыванию до 90 тысяч частиц в год, в то время как водопроводная вода содержит до 4 тысяч частиц. Поступление микропластика и токсичных продуктов из упаковки, вероятно, увеличивается из-за нарушений условий хранения и темпе-

ратуры, а также при использовании пластиковой тары с механическими повреждениями стенок.

В работе S.A. Mason et al. исследована питьевая вода из 259 бутылок 11 мировых брендов, приобретенных в различных странах. Установлено, что 93 % протестированных проб содержали микропластик [31].

Сообщается, что микропластик размером более 0,15 мм, вероятно, не всасывается в желудочно-кишечном тракте, а микропластик размером менее 0,15 мм может проникать из полости кишечника в лимфу и кровеносную систему. Например, микропластики обнаружены в лимфатической жидкости и цитоплазме некоторых рыб (таблица).

Микропластик обнаружен в 80 % образцов печени 13 исследованных рыб, выловленных в Средиземном море. Кроме того, после попадания в кровотоки рыбы микропластик может накапливаться в мышцах, жабрах и печени. Накопленный микропластик в тканях и органах рыбы может мигрировать в другие высокотрофные организмы по пищевой цепи.

Рядом зарубежных исследователей обнаружены частицы микропластика в образцах тканей венозного кровотока человека, что может явиться подтверждением возможного переноса микропластика в организме человека по кровеносным сосудам [34].

Пластмассы состоят из различных химических соединений, некоторые из них являются опасными и могут выщелачиваться в окружающую среду при разложении. Пластмассы обычно содержат добавки, которые улучшают их свойства, такие как прочность и эластичность. Выщелачивание этих добавок из пластмасс в окружающую среду приводит к вредному воздействию не только на водную среду, но и на здоровье человека [35].

Выводы. Данные, полученные из научной литературы, свидетельствуют о том, что микропластик – это потенциальный и приоритетный загрязнитель морских и пресноводных водоемов, водной биоты и источников питьевой воды в Российской Федерации. Однако отсутствуют достаточно убедительные данные о клинически значимых нарушениях здоровья человека, вызванных частицами микропластика, а также отсутствуют унифицированные методы отбора проб воды и донных отложений.

Содержание микропластиковых частиц в органах рыб [32–35]

Виды / таксоны	Орган	Количество	Средняя длина (мкм)	Тип микропластика
Нильская тилapia <i>Oreochromis niloticus</i>	Жабры	$(71,7 \pm 9,3) \cdot 10^4$ мкг/кг	0,1	PS (100 мкг/л)
	Печень	$(36,6 \pm 1,0) \cdot 10^4$ мкг/кг		
	Мозг	$(40,5 \pm 0,6) \cdot 10^4$ мкг/кг		
Обыкновенная султанка <i>Mullus barbatus</i> Черноморско-азовская проходная сельдь <i>Alosa immaculata</i>	Жабры	–	50–200	PC PA
	Печень			
	Мозг			
Плоскоголовый бартейл <i>Platycephalus indicus</i>	Мышцы	14 шт./ особь	< 250	н/д
	Жабры	17 шт./ особь	100–250	

Недостаточность исследований по изучению воздействия микропластика на организм человека, отсутствие методологии гигиенического нормирования микропластика в воде определяют необходимость проведения исследований, направленных на:

- выявление источников и причин загрязнения микропластиком водных объектов, в том числе источников питьевого водоснабжения;
- разработку унифицированных методов отбора проб воды и донных отложений;
- всестороннее изучение микропластика как нового фактора воздействия, включая его идентификацию с использованием современных методов;

• изучение влияния микропластика на организм человека и решение вопросов его регламентации в водных объектах;

• изучение защитной роли водозаборных сооружений в отношении микропластика для обеспечения безопасных условий водопользования населения.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Plastics – the facts 2020 // PlasticsEurope. – 2020. – 64 p.
2. Смолкина А.А. Об итогах Первого заседания межправительственной переговорной комиссии (МПК-1) по разработке международного юридически обязывающего документа о загрязнении пластиком, в том числе в морской среде // Токсикологический вестник. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 65.
3. Lost at sea: where is all the plastic? / R.C. Thompson, Y. Olsen, R.P. Mitchell, A. Davis, S.J. Rowland, A.W.G. John, D. McGonigle, A.E. Russell // Science. – 2004. – Vol. 304, № 5672. – P. 838. DOI: 10.1126/science.1094559
4. Boucher J., Friot D. Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. – Gland, Switzerland: IUCN, 2017. – 43 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2017.01.en
5. Toxicity of leachate from weathering plastics: An exploratory screening study with *Nitocra spinipes* / S. Bejgarn, M. MacLeod, C. Bogdal, M. Breitholtz // Chemosphere. – 2015. – Vol. 132. – P. 114–119. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.03.010
6. Marcilla Gomis A., Garcia S., Garcia-Quesada J.C. Study of the migration of PVC plasticizers // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2004. – Vol. 71, № 2. – P. 457–463. DOI: 10.1016/S0165-2370(03)00131-1
7. Vom Saal F.S., Hughes C. An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment // Environ. Health Perspect. – 2005. – Vol. 113, № 8. – P. 926–933. DOI: 10.1289/ehp.7713
8. Microfiber pollution and the apparel industry [Электронный ресурс] // University of California Santa Barbara, Bren School of Environmental Science & Management. – URL: http://brenmicroplastics.weebly.com/uploads/5/1/7/0/51702815/brenpatagonia_final_report.pdf (дата обращения: 16.04.2023).
9. Napper I.E., Thompson R.C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions // Mar. Pollut. Bull. – 2016. – Vol. 112, № 1–2. – P. 39–45. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025
10. Dalla Fontana G., Mossotti R., Montarsolo A. Influence of sewing on microplastic release from textiles during washing // Water, Air, and Soil Pollution. – 2021. – Vol. 232, № 2. – P. 1–9. DOI: 10.1007/s11270-021-04995-7
11. Periyasamy A.P. Evaluation of microfiber release from jeans: the impact of different washing conditions // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2021. – Vol. 28, № 41. – P. 58570–58582. DOI: 10.1007/s11356-021-14761-1
12. Raja Balasaraswathi S., Rathinamoorthy R. Effect of fabric properties on microfiber shedding from synthetic textiles // The Journal of The Textile Institute. – 2022. – Vol. 113, № 5. – P. 789–809. DOI: 10.1080/00405000.2021.1906038
13. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // Mar. Pollut. Bull. – 2011. – Vol. 62, № 8. – P. 1596–1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
14. Microplastics' emissions: Microfibers' detachment from textile garments / F. Belzagui, M. Crespi, A. Álvarez, C. Gutiérrez-Bouzán, M. Vilaseca // Environ. Pollut. – 2019. – Vol. 248. – P. 1028–1035. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.02.059
15. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution / F. De Falco, E. Di Pace, M. Cocca, M. Avella // Sci. Rep. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 6633. DOI: 10.1038/s41598-019-43023-x
16. Analysis of the partial nitrification process affected by polyvinylchloride microplastics in treating high-ammonia anaerobic digestates / K. Song, Z. Li, D. Liu, L. Li // ACS Omega. – 2020. – Vol. 5, № 37. – P. 23836–23842. DOI: 10.1021/acsomega.0c03079
17. Effects of PET microplastics on the physiology of *Drosophila* / J. Shen, B. Liang, D. Zhang, Y. Li, H. Tang, L. Zhong, Y. Xu // Chemosphere. – 2021. – Vol. 283. – P. 131289. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131289
18. PET-microplastics as a vector for heavy metals in a simulated plant rhizosphere zone / S. Abbasi, F. Moore, B. Keshavarzi, P.K. Hopke, R. Naidu, M. Mahmudur Rahman, P. Oleszczuk, J. Karimi // Sci. Total Environ. – 2020. – Vol. 744. – P. 140984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140984
19. Interactive effects of polymethyl methacrylate (PMMA) microplastics and salinity variation on a marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* / J. Dong, L. Li, Q. Liu, M. Yang, Z. Gao, P. Qian, K. Gao, X. Deng // Chemosphere. – 2022. – Vol. 289. – P. 133240. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.133240
20. Intentionally added microplastics to products // ECHA Workshop May. – 2019. – P. 30–31.
21. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea / M. Eriksen, L.C.M. Lebreton, H.S. Carson, M. Thiel, C.J. Moore, J.C. Borerro, F. Galgani, P.G. Ryan, J. Reisser // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 12. – P. e111913. DOI: 10.1371/journal.pone.0111913
22. Investigations of plastic contamination of seawater, marine and coastal sediments in the Russian seas: a review / A. Bagaev, E. Esiukova, D. Litvinyuk, I. Chubarenko, S. Veerasingam, R. Venkatachalapathy, L. Verzhnevskaya // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2021. – Vol. 28, № 25. – P. 32264–32281. DOI: 10.1007/s11356-021-14183-z

23. Скрининг содержания микропластика в поверхностных водах российских рек / Ю.А. Франк, Е.Д. Воробьев, С.Н. Рахматуллина, А.А. Трифонов, Д.С. Воробьев // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 9. – С. 67–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-9-67-71
24. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates / A.L. Lusher, N.A. Welden, P. Sobral, M. Cole // Anal. Methods. – 2017. – Vol. 9. – P. 1346–1360. DOI: 10.1039/C6AY02415G
25. Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions / C. Fang, R. Zheng, Y. Zhang, F. Hong, J. Mu, M. Chen, P. Song, L. Lin [et al.] // Chemosphere. – 2018. – Vol. 209. – P. 298–306. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.101
26. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications / C. Fang, R. Zheng, F. Hong, Y. Jiang, J. Chen, H. Lin, L. Lin, R. Lei [et al.] // Environ. Res. – 2021. – Vol. 192. – P. 110326. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110326
27. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – A review / L. Peng, D. Fu, H. Qi, C.Q. Lan, H. Yu, C. Ge // Sci. Total Environ. – 2020. – Vol. 698. – P. 134254. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134254
28. Lin V.S. Research highlights: impacts of microplastics on plankton // Environ. Sci. Process. Impacts. – 2016. – Vol. 18, № 2. – P. 160–163. DOI: 10.1039/c6em90004f
29. Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – Т. 29, № 9. – С. 40–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43
30. Mason S.A., Welch V.G., Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water // Front. Chem. – 2018. – Vol. 6. – P. 407. DOI: 10.3389/fchem.2018.00407
31. Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*) / J. Ding, S. Zhang, R. Mamitiana Razanajatovo, H. Zou, W. Zhu // Environ. Pollut. – 2018. – Vol. 238. – P. 1–9. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.03.001
32. Microplastics in tissues (brain, gill, muscle and gastrointestinal) of *Mullus barbatus* and *Alosa immaculata* / M. Atamanalp, M. Köktürk, A. Uçar, H. Avni Duyar, S. Özdemir, V. Parlak, N. Esenbuğa, G. Alak // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2021. – Vol. 81, № 3 – P. 460–469. DOI: 10.1007/s00244-021-00885-5
33. Biological effects on the migration and transformation of microplastics in the marine environment / S. Fan, Z. Yan, L. Qiao, F. Gui, T. Li, Q. Yang, X. Zhang, C. Ren // Mar. Environ. Res. – 2023. – Vol. 185. – P. 105875. DOI: 10.1016/j.marenvres.2023.105875
34. Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using μ FTIR: A pilot study / J.M. Rotchell, L.C. Jenner, E. Chapman, R.T. Bennett, I. Olapeju Bolanle, M. Loubani, L. Sadofsky, T.M. Palmer // PLoS One. – 2023. – Vol. 18, № 2. – P. e0280594. DOI: 10.1371/journal.pone.0280594
35. Impact of microplastics and nanoplastics on human health / M.S.-L. Yee, L.-W. Hii, C.K. Looi, W.-M. Lim, S.-F. Wong, Y.-Y. Kok, B.-K. Tan, C.-Y. Wong, C.-O. Leong // Nanomaterials (Basel). – 2021. – Vol. 11, № 2. – P. 496. DOI: 10.3390/nano11020496

Загрязнение микропластиком воды – угроза здоровью человека и окружающей среде (обзор литературы) / О.О. Синицына, Г.Б. Еремин, В.В. Турбинский, М.В. Пушкарёва, М.А. Ширяева, О.Л. Маркова, Д.С. Борисова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3. – С. 172–179. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.17

UDC 614.878.086

DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.17.eng



Review

MICROPLASTICS POLLUTION IN WATER IS A THREAT FOR HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT (LITERATURE REVIEW)

**O.O. Sinitsyna¹, G.B. Yeremin², V.V. Turbinskii¹, M.V. Pushkareva¹,
M.A. Shiryayeva¹, O.L. Markova², D.S. Borisova²**

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, 2 Semashko St., Mytishi, Moscow region, 141000, Russian Federation

²North-West Scientific Centre for Hygiene and Public Health, 4A 2nd Sovetskaya St., St. Petersburg, 191036, Russian Federation

Microplastics pollution of water bodies and drinking water is a relevant problem caused by wide use of plastics in multiple industries, agriculture, manufacturing of household chemicals and medicines. Microplastics pose a threat for human health both due to physical effects and chemicals in their structure as well as microorganisms that can occur on their surface.

Some foreign studies describe how microplastics are formed and how they can occur both in marine and fresh water. There are also studies confirming microplastics to be present in seas and rivers in the Russian Federation.

Studies that address microplastics in tissues of water organisms are scarce. According to some foreign authors, microplastics can be absorbed by mollusks, starfish, actiniae, crabs, etc. Russian researchers provide evidence of considerable quantities of microplastics found in the digestive spruce fish caught in the Tom River. Several foreign studies have established effects produced by microplastics on reproduction, eating behavior as well as declining survivability in crustaceans and fish.

Fish products are a well-known significant source of microplastics in human diets. Microplastics bioaccumulation in aquatic biota is considered a potential health threat for organisms at higher trophic levels, including humans at the top of the food chain.

Unified water sampling techniques are absent; studies that address effects of microplastics on the human body are scarce; there is no available methodology for hygienic standardization of microplastics in water. All this makes it necessary to have some research aimed at identifying sources and causes of microplastics pollution in water bodies including sources of drinking water supply, to assess public health risks, and to provide safe conditions for water use.

Keywords: microplastics, water bodies, drinking water, risk factor, human health, bioaccumulation, negative impacts, biota, water pollution.

References

1. Plastics – the facts 2020. *PlasticsEurope*, 2020, 64 p.
2. Smolkina A.A. On the results of the first meeting of the intergovernmental negotiating committee (INC-1) to develop an international legally binding instrument on plastic pollution, including in the marine environment. *Toxicologicheskii vestnik*, 2023, vol. 31, no. 1, pp. 65 (in Russian).
3. Thompson R.C., Olsen Y., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John A.W.G., McGonigle D., Russell A.E. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 2004, vol. 304, no. 5672, pp. 838. DOI: 10.1126/science.1094559
4. Boucher J., Friot D. Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources. Gland, Switzerland, IUCN, 2017, 43 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2017.01.en
5. Bejgarn S., MacLeod M., Bogdal C., Breitholtz M. Toxicity of leachate from weathering plastics: An exploratory screening study with *Nitocra spinipes*. *Chemosphere*, 2015, vol. 132, pp. 114–119. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2015.03.010
6. Marcilla Gomis A., Garcia S., Garcia-Quesada J.C. Study of the migration of PVC plasticizers. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2004, vol. 71, no. 2, pp. 457–463. DOI: 10.1016/S0165-2370(03)00131-1
7. Vom Saal F.S., Hughes C. An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment. *Environ. Health Perspect.*, 2005, vol. 113, no. 8, pp. 926–933. DOI: 10.1289/ehp.7713
8. Microfiber pollution and the apparel industry. *University of California Santa Barbara, Bren School of Environmental Science & Management*, 2016. Available at: http://brenmicroplastics.weebly.com/uploads/5/1/7/0/51702815/brenpatagonia_final_report.pdf (April 16, 2023).
9. Napper I.E., Thompson R.C. Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Mar. Pollut. Bull.*, 2016, vol. 112, no. 1–2, pp. 39–45. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.09.025
10. Dalla Fontana G., Mossotti R., Montarsolo A. Influence of sewing on microplastic release from textiles during washing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2021, vol. 232, no. 2, pp. 1–9. DOI: 10.1007/s11270-021-04995-7
11. Periyasamy A.P. Evaluation of microfiber release from jeans: the impact of different washing conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2021, vol. 28, no. 41, pp. 58570–58582. DOI: 10.1007/s11356-021-14761-1
12. Raja Balasaraswathi S., Rathinamoorthy R. Effect of fabric properties on microfiber shedding from synthetic textiles. *The Journal of The Textile Institute*, 2022, vol. 113, no. 5, pp. 789–809. DOI: 10.1080/00405000.2021.1906038
13. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, vol. 62, no. 8, pp. 1596–1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
14. Belzagui F., Crespi M., Álvarez A., Gutiérrez-Bouzán C., Vilaseca M. Microplastics' emissions: Microfibers' detachment from textile garments. *Environ. Pollut.*, 2019, vol. 248, pp. 1028–1035. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.02.059
15. De Falco F., Di Pace E., Cocca M., Avella M. The contribution of washing processes of synthetic clothes to microplastic pollution. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 6633. DOI: 10.1038/s41598-019-43023-x

© Sinitsyna O.O., Yeremin G.B., Turbinskii V.V., Pushkareva M.V., Shiryayeva M.A., Markova O.L., Borisova D.S., 2023
Oxana O. Sinitsyna – Corresponding member of RAS, Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Science (e-mail: sinitsyna.oo@fncg.ru; tel.: +7 (926) 447-08-74; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0241-0690>).

Gennadiy B. Yeremin – Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher-Head of the Public Health Risks Analysis Department (e-mail: s-znc@mail.ru; tel.: +7 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>).

Viktor V. Turbinskii – Doctor of Medical Sciences, Head of the Water Hygiene Department (e-mail: turbinskii.vv@fncg.ru; tel.: +7 (920) 666-72-73; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7668-9324>).

Maria V. Pushkareva – Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Water Hygiene Department (e-mail: pushkareva.mv@fncg.ru; tel.: +7 (912) 980-92-74; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5932-6350>).

Margarita A. Shiryayeva – Junior Researcher of the Water Hygiene Department (e-mail: Shiryayeva.MA@fncg.ru; tel.: +7 (903) 161-14-04; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8019-1203>).

Olga L. Markova – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Public Health Risks Analysis Department (e-mail: s-znc@mail.ru; tel.: +7 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>).

Daria S. Borisova – Junior Researcher of the Public Health Risks Analysis Department (e-mail: s-znc@mail.ru; tel.: +7 (812) 717-93-89; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-5334>).

16. Song K., Li Z., Liu D., Li L. Analysis of the partial nitrification process affected by polyvinylchloride microplastics in treating high-ammonia anaerobic digestates. *ACS Omega*, 2020, vol. 5, no. 37, pp. 23836–23842. DOI: 10.1021/acsomega.0c03079
17. Shen J., Liang B., Zhang D., Li Y., Tang H., Zhong L., Xu Y. Effects of PET microplastics on the physiology of *Drosophila*. *Chemosphere*, 2021, vol. 283, pp. 131289. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131289
18. Abbasi S., Moore F., Keshavarzi B., Hopke P.K., Naidu R., Mahmudur Rahman M., Oleszczuk P., Karimi J. PET-microplastics as a vector for heavy metals in a simulated plant rhizosphere zone. *Sci. Total Environ.*, 2020, vol. 744, pp. 140984. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140984
19. Dong J., Li L., Liu Q., Yang M., Gao Z., Qian P., Gao K., Deng X. Interactive effects of polymethyl methacrylate (PMMA) microplastics and salinity variation on a marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Chemosphere*, 2022, vol. 289, pp. 133240. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.133240
20. Intentionally added microplastics to products. *ECHA Workshop May, 2019*, pp. 30–31.
21. Eriksen M., Lebreton L.C.M., Carson H.S., Thiel M., Moore C.J., Borro J.C., Galgani F., Ryan P.G., Reisser J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS One*, 2014, vol. 9, no. 12, pp. e111913. DOI: 10.1371/journal.pone.0111913
22. Bagaev A., Esiukova E., Litvinyuk D., Chubarenko I., Veerasingam S., Venkatachalapathy R., Verzhvetskaya L. Investigations of plastic contamination of seawater, marine and coastal sediments in the Russian seas: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2021, vol. 28, no. 25, pp. 32264–32281. DOI: 10.1007/s11356-021-14183-z
23. Frank Yu.A., Vorobiev E.D., Rakhmatullina S.N., Trifonov A.A., Vorobiev D.S. Screening of microplastic content in surface waters of Russian rivers. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2022, vol. 26, no. 9, pp. 67–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-9-67-71 (in Russian).
24. Lusher A.L., Welden N.A., Sobral P., Cole M. Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Anal. Methods*, 2017, vol. 9, pp. 1346–1360. DOI: 10.1039/C6AY02415G
25. Fang C., Zheng R., Zhang Y., Hong F., Mu J., Chen M., Song P., Lin L. [et al.]. Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions. *Chemosphere*, 2018, vol. 209, pp. 298–306. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.101
26. Fang C., Zheng R., Hong F., Jiang Y., Chen J., Lin H., Lin L., Lei R. [et al.]. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications. *Environ. Res.*, 2021, vol. 192, pp. 110326. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110326
27. Peng L., Fu D., Qi H., Lan C.Q., Yu H., Ge C. Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – A review. *Sci. Total Environ.*, 2020, vol. 698, pp. 134254. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134254
28. Lin V.S. Research highlights: impacts of microplastics on plankton. *Environ. Sci. Process. Impacts*, 2016, vol. 18, no. 2, pp. 160–163. DOI: 10.1039/c6em90004f
29. Ganichev P.A. Human health effects of microplastics in drinking water: a review. *ZNiSO*, 2021, vol. 29, no. 9, pp. 40–43. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43 (in Russian).
30. Mason S.A., Welch V.G., Neratko J. Synthetic polymer contamination in bottled water. *Front. Chem.*, 2018, vol. 6, pp. 407. DOI: 10.3389/fchem.2018.00407
31. Ding J., Zhang S., Mamitiana Razanajatovo R., Zou H., Zhu W. Accumulation, tissue distribution, and biochemical effects of polystyrene microplastics in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environ. Pollut.*, 2018, vol. 238, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.03.001
32. Atamanalp M., Köktürk M., Uçar A., Avni Duyar H., Özdemiş S., Parlak V., Esenbuğa N., Alak G. Microplastics in tissues (brain, gill, muscle and gastrointestinal) of *Mullus barbatus* and *Alosa immaculate*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2021, vol. 81, no. 3, pp. 460–469. DOI: 10.1007/s00244-021-00885-5
33. Fan S., Yan Z., Qiao L., Gui F., Li T., Yang Q., Zhang X., Ren C. Biological effects on the migration and transformation of microplastics in the marine environment. *Mar. Environ. Res.*, 2023, vol. 185, pp. 105875. DOI: 10.1016/j.marenres.2023.105875
34. Rotchell J.M., Jenner L.C., Chapman E., Bennett R.T., Olapeju Bolanle I., Loubani M., Sadofsky L., Palmer T.M. Detection of microplastics in human saphenous vein tissue using μ FTIR: A pilot study. *PLoS One*, 2023, vol. 18, no. 2, pp. e0280594. DOI: 10.1371/journal.pone.0280594
35. Yee M.S.-L., Hii L.-W., Looi C.K., Lim W.-M., Wong S.-F., Kok Y.-Y., Tan B.-K., Wong C.-Y., Leong C.-O. Impact of microplastics and nanoplastics on human health. *Nanomaterials (Basel)*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 496. DOI: 10.3390/nano11020496

Sinitynsya O.O., Yeremin G.B., Turbinskii V.V., Pushkareva M.V., Shiryayeva M.A., Markova O.L., Borisova D.S. Microplastics pollution in water is a threat for human health and the environment (Literature review). *Health Risk Analysis*, 2023, no. 3, pp. 172–179. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.17.eng

Получена: 14.06.2023

Одобрена: 18.09.2023

Принята к публикации: 25.09.2023