

© Ганичев П.А., 2021

УДК 504.5: 691.175; 628.1.033

О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор

П.А. Ганичев

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

Резюме

Введение. В последнее время изделия из полимерных материалов стали недорогими, удобными и используются во всех сферах повседневной жизни. Микропластик обнаруживается в морской воде, сточных водах, пресной воде, продуктах питания, воздухе. За последние несколько лет в различных исследованиях сообщалось о наличии микропластика в очищенной водопроводной и бутилированной воде, что вызывает вопросы и опасения по поводу его воздействия на здоровье человека.

Цель исследования. Обобщить и систематизировать результаты научных исследований в области воздействия частиц микропластика, поступающего с питьевой водой, на здоровье человека.

Материалы и методы. В рамках настоящей работы материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных PubMed, Scopus, а также РИНЦ за период с 2014 по 2021 год. В результате из 64 статей было отобрано 10, в которых содержались сведения о возможном воздействии микропластика на здоровье человека.

Заключение. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований выявлено, что на сегодня нет достоверных данных, чтобы сделать окончательные выводы о влиянии микропластика на здоровье человека. Отсутствует информация о токсикокинетике и токсикодинамике частиц микропластика после попадания внутрь организма. В настоящее время нет исследований о наиболее распространенных формах и размерах пластиковых частиц и риска для здоровья, обусловленного их наличием в питьевой воде.

Ключевые слова: микропластик, полимеры, питьевая вода, бутилированная вода, здоровье.

Для цитирования: Ганичев П.А. О влиянии частиц микропластика в питьевой воде на здоровье населения. Обзор // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 40–43. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43>

Сведения об авторе:

✉ Ганичев Павел Александрович – младший научный сотрудник отделения гигиены питьевого водоснабжения отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

Информация о вкладе автора: автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 07.07.21 / Принята к публикации: 20.08.21 / Опубликовано: 30.09.21

Human Health Effects of Microplastics in Drinking Water: A Review

Pavel A. Ganichev

Northwest Public Health Research Center, 4th Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

Summary

Introduction: Polymer products have become inexpensive, convenient and widely used in all spheres of everyday life recently. Microplastics are found in seawater, wastewater, fresh water, foodstuffs, and air. Over the past few years, the presence of microplastics in treated tap and bottled water has been reported, raising questions and concerns about their potential human health effects.

Objective: To summarize and systematize the results of studying health effects of exposure to microplastics in potable water.

Materials and methods: A literature review was done based on ten topical articles and reviews published in 2014–2021 out of 64 sources found in the PubMed and Scopus international databases and the Russian Science Citation Index (RSCI).

Results and conclusions: Generalization and systematization of the published research data demonstrated the lack of strong evidence to draw conclusions about human health effects of microplastics. Information on toxicokinetics and toxicodynamics of ingested microplastic particles is absent just like the studies of the most common shapes and sizes of plastic particles and health risks from exposure to such particles in drinking water.

Keywords: microplastics, polymers, drinking water, bottled water, health.

For citation: Ganichev PA. Human health effects of microplastics in drinking water: A review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(9):40–43. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-40-43>

Author information:

✉ Pavel A. Ganichev, Junior Researcher, Subdivision for Hygiene of Drinking Water Supply, Department of Public Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: ganichevpavel@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>.

Author contributions: The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Funding information: The author received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

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

Received: June 7, 2021 / Accepted: August 20, 2021 / Published: September 30, 2021

Введение. Растущие темпы загрязнения окружающей среды промышленными и бытовыми синтетическими полимерными материалами считаются одной из наиболее серьезных экологических проблем [1, 2]. Возможная деградация макрочастиц полимерных изделий в различных условиях окружающей среды (например, УФ-облучение, механическое выветривание и био-

логическая деградация) приводит к образованию микропластика [3, 4].

Микропластик – это любой тип пластикового фрагмента размером менее 5 мм, однако широкое определение микропластика не совсем однозначное. Под термином «микропластик» подразумевают разнообразные типы материалов различной формы, цвета и размера. Большинство

определений в литературных источниках основано на составе и размере. В настоящее время еще не окончательно определено, какого размера частицы относить к микропластику, но мнения большинства ученых сходятся на том, что это любые частицы размером от 1 мкм до 5 мм [5].

Микропластик повсеместно встречается в окружающей среде. Он был обнаружен в морской воде, сточных водах, пресной воде, продуктах питания, воздухе [6–9]. За последние несколько лет в исследованиях сообщалось о наличии микропластика в очищенной водопроводной и бутилированной воде [10–12].

В водную среду микропластик попадает несколькими путями: в первую очередь – из поверхностного стока и сточных вод (как очищенных, так и неочищенных), а также из деградированных пластиковых отходов и атмосферных осадений [13, 14]. Это представляет значительную угрозу для водных организмов, поскольку в исследованиях было показано, что микропластик серьезно влияет на метаболизм и воспроизводство у беспозвоночных [15] и позвоночных [16]. При попадании его в организм зоопланктона и высших организмов [17] микропластик затем перемещается по пищевой цепочке до человека [18, 19]. Кроме того, некоторые микропластики, обнаруженные в питьевой воде, могут поступать из систем очистки и распределения водопроводной воды и/или розлива бутилированной воды, что вызывает вопросы и опасения по поводу его воздействия на здоровье населения [20].

Риск для здоровья человека от воздействия микропластика из питьевой воды определяется самими частицами, представляющими механическую и химическую опасность (несвязанные мономеры, добавки и сорбированные химические вещества из окружающей среды, в том числе стойкие органические загрязнители). Кроме того, следует обратить внимание на биологическую опасность, связанную с микроорганизмами, которые, прикрепляясь к частицам микропластика, могут их колонизировать [21].

Цель исследования – обобщить и систематизировать результаты научных исследований в области воздействия частиц микропластика, поступающего с питьевой водой, на здоровье человека.

Материалы и методы исследования. Материалами для исследования послужили статьи и обзоры, опубликованные в международных базах данных PubMed, Scopus, а также РИНЦ. Электронный поиск информации осуществлялся с использованием комбинации предложенных заголовков и ключевых слов, таких как «микропластик в питьевой воде», «микропластик в бутилированной воде», «вредное воздействие микропластика», «влияние микропластика на здоровье человека». Критерии включения в поиск были сформированы перед просмотром статей. Статьи считались подходящими для включения, если они были опубликованы после 2014 года и если статьи были в первую очередь посвящены наличию микропластика в питьевой воде и его влиянию на здоровье человека. Статьи, которые включали простое упоминание или незначительное обсуждение воздействия микропластика на здоровье человека, были исключены. В результате из 64 статей было отобрано 10, в которых содержались данные о возможном воздействии микропластика на здоровье человека.

Результаты исследования. Организм человека подвергается воздействию микропластика в результате поступления внутрь с продуктами питания, в том числе с питьевой водой, вдыхания микропластика с воздухом и при контакте с кожей этих частиц, содержащихся в продуктах, текстиле или пыли [22].

Согласно научным исследованиям, основными путями поступления микропластика в организм человека являются пищевая и водная. Исследователи Cox, Kieran D et al., проанализировав диету и образ жизни людей, оценили годовое потребление микропластика в пределах от 39 000 до 52 000 частиц на человека. Сообщалось о наличии микропластика в таких пищевых продуктах, как мидии, промысловая рыба, а также поваренная соль, сахар и упакованная вода. Было обнаружено, что люди, которые употребляли только бутилированную воду, проглатывали дополнительно 90 000 частиц по сравнению с 4000 частиц для тех, кто употреблял только воду из-под крана [23].

После попадания микропластика в организм человека его судьба и последствия до сих пор остаются спорными и малоизвестными. Предположительно микропластик размером менее 20 мкм имеет возможность проникать в органы, а из них частицы размером около 10 мкм имеют возможность проникать во все органы, пересекать клеточные мембраны, преодолевать гематоэнцефалический барьер и проникать в плаценту [24].

В исследовании Ragusa, Antonio et al. было предложено несколько гипотетических механизмов проникновения микропластика из желудочно-кишечного тракта в ткани организма. Первый – с помощью эндоцитоза микропластика М-клетками лимфоидной ткани кишечника (пейеровы бляшки). На уровне пейеровых бляшек, расположенных в подслизистом слое тонкой кишки, микропластик, попавший в организм с пищей, может поглощаться эндоцитозом с помощью М-клеток, далее переноситься через эпителий в субэпителиальный купол, где он встречается с дендритными клетками, которые, в свою очередь, транспортируют его по лимфатической системе, откуда микропластик попадает в кровь. Второй механизм – с помощью параклеточной (парацеллюлярной) диффузии. Микропластик может проникать через просвет кишечника в местах неплотных соединений. Это объясняется тем, что локальное воздействие микропластика на кишечную стенку может вызвать воспалительную реакцию, повреждение барьерной функции кишечника, что приводит к увеличению проницаемости слизистой оболочки и способствует прохождению микропластика через кишечник. После пересечения просвета кишечника микропластик собирается дендритными клетками и транспортируется в лимфатическую систему, а затем в системный кровоток [25].

Недостаточно информации для полного понимания последствий воздействия микропластика на здоровье человека. В ходе проведенных исследований на живых организмах было замечено, что микропластик перемещается в отдаленные ткани через систему кровообращения и вызывает системные воспалительные реакции. В проведенных экспериментах на мышах показана четкая иллюстрация последствий кишечной токсичности, в результате которой происходит нарушение барьерной функции кишечника

и проникновение частиц микропластика в кровь, откуда он попадает через воротную вену в печень, селезенку. Длительное накопление микропластика в тканях печени и хроническое воспаление может привести к заболеванию печени и метаболическим проблемам [26, 27]. При транспортировке в отдаленные ткани частицы микропластика могут вызывать воспаление, снижение функции органов и повышенный риск новообразований. Например, достигая кости, частицы полиэтилена и полистирола могут вызывать потерю костной массы из-за повышения активности остеокластов [28]. В различных работах сообщалось о нейротоксичности *in vivo* после хронического воздействия микропластика, возможно, из-за активации иммунных клеток в головном мозге и окислительного стресса. Эти процессы могут быть обусловлены прямым действием микропластика или опосредованно, путем циркулирующих провоспалительных цитокинов, что приводит к необратимому повреждению нейронов. В исследовании воздействия микропластика на мозг морского окуня наблюдалось снижение высвобождения ацетилхолинэстеразы, иницирование окислительного стресса, повышение уровней перекисного окисления липидов и индукция анаэробных путей производства энергии [29]. Также некоторые работы указывали на то, что микропластик влияет на репродуктивную систему. Например, частицы полистирола уменьшают количество продуцируемых яиц и личинок, а также скорость сперматозоидов у устриц [30]. Кроме того, частицы микропластика могут вызывать косвенные эффекты, действуя как переносчики токсичных веществ. Микропластики из океана могут поглощать стойкие органические загрязнители, такие как полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы и пестициды, включая дихлордифенилтрихлорэтан и гексахлорбензол. Эти соединения обладают более высоким родством к пластику, чем к воде. Переносимые вещества при попадании внутрь организма могут представлять серьезную опасность для здоровья человека. Мономеры и добавки, такие как фталаты и бисфенол А, больше известные как эндокринные разрушители, могут вымываться из микропластика внутри организма и подвергать ткани и органы неблагоприятному воздействию [31].

Выводы

1. В ходе проведенного обобщения и систематизации результатов научных исследований выявлено, что на сегодняшний день нет достоверных данных, чтобы сделать окончательные выводы о влиянии микропластика на здоровье человека. Отсутствует информация о токсикокинетике и токсикодинамике частиц микропластика после попадания внутрь организма. В литературе в настоящее время нет исследований о наиболее распространенных формах и размерах пластиковых частиц и риске для здоровья, обусловленном их наличием в питьевой воде.

2. Необходимо более детально изучить источники и пути возникновения микропластика во всей цепочке питьевого водоснабжения, в особенности в бутилированной воде, используя при этом стандартизованные методы лабораторного контроля.

3. Для лучшего понимания системного воздействия микропластика через различные компоненты окружающей среды (вода, воздух, пища) необходимо разработать методы комплексной оценки риска его межсредового воздействия на здоровье населения.

Список литературы / References

- Xanthos D, Walker TR. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Mar Pollut Bull.* 2017;118(1–2):17–26. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.048
- Kik K, Bukowska B, Sicińska P. Polystyrene nanoparticles: Sources, occurrence in the environment, distribution in tissues, accumulation and toxicity to various organisms. *Environ Pollut.* 2020;262:114297. doi: 10.1016/j.envpol.2020.114297
- Fu Z, Chen G, Wang W, Wang J. Microplastic pollution research methodologies, abundance, characteristics and risk assessments for aquatic biota in China. *Environ Pollut.* 2020;266(Pt 3):115098. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115098
- Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 2011;62(8):1596–1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
- Thompson RC. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In: Bergmann M, Gutow L, Klages M, eds. *Marine Anthropogenic Litter*. Cham: Springer, 2015. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3_7
- do Sul JAI, Costa MF. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ Pollut.* 2014;185:352–364. doi: 10.1016/j.envpol.2013.10.036
- Meng Y, Kelly FJ, Wright SL. Advances and challenges of microplastic pollution in freshwater ecosystems: A UK perspective. *Environ Pollut.* 2020;256:113445. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113445
- Leslie HA, Brandsma SH, van Velzen MJ, Vethaak AD. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environ Int.* 2017;101:133–142. doi: 10.1016/j.envint.2017.01.018
- Zhu L, Bai H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. Microplastic pollution in North Yellow Sea, China: Observations on occurrence, distribution and identification. *Sci Total Environ.* 2018;636:20–29. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.182
- Pivokonsky M, Cermakova L, Novotna K, Peer P, Cajthaml T, Janda V. Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Sci Total Environ.* 2018;643:1644–1651. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.102
- Mintenig SM, Löder MGJ, Primpke S, Gerdtts G. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Sci Total Environ.* 2019;648:631–635. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.178
- Oßmann BE, Sarau G, Holtmannspötter H, Pischetsrieder M, Christiansen SH, Dicke W. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Res.* 2018;141:307–316. doi: 10.1016/j.watres.2018.05.027
- Brandon JA, Jones W, Ohman MD. Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. *Sci Adv.* 2019;5(9):eaax0587. doi: 10.1126/sciadv.aax0587
- Richardson SD, Ternes TA. Water analysis: Emerging contaminants and current issues. *Anal Chem.* 2018;90(1):398–428. doi: 10.1021/acs.analchem.7b04577
- Lee KW, Shim WJ, Kwon OY, Kang JH. Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the

- marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environ Sci Technol*. 2013;47(19):11278–11283. doi: 10.1021/es401932b
16. Pitt JA, Trevisan R, Massarsky A, Kozal JS, Levin ED, Di Giulio RT. Maternal transfer of nanoplastics to offspring in zebrafish (*Danio rerio*): A case study with nanopolystyrene. *Sci Total Environ*. 2018;643:324–334. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.186
 17. Wang T, Hu M, Xu G, Shi H, Leung JYS, Wang Y. Microplastic accumulation via trophic transfer: Can a predatory crab counter the adverse effects of microplastics by body defence? *Sci Total Environ*. 2021;754:142099. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142099
 18. De-la-Torre GE. Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *J Food Sci Technol*. 2020;57(5):1601–1608. doi: 10.1007/s13197-019-04138-1
 19. Cho Y, Shim WJ, Jang M, Han GM, Hong SH. Abundance and characteristics of microplastics in market bivalves from South Korea. *Environ Pollut*. 2019;245:1107–1116. doi: 10.1016/j.envpol.2018.11.091
 20. Tong H, Jiang Q, Hu X, Zhong X. Occurrence and identification of microplastics in tap water from China. *Chemosphere*. 2020;252:126493. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126493
 21. Microplastics in Drinking-Water. Geneva: World Health Organization, 2019. Accessed June 09, 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>
 22. Lu L, Luo T, Zhao Y, Cai C, Fu Z, Jin Y. Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health. *Sci Total Environ*. 2019;667:94–100. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.380
 23. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. *Environ Sci Technol*. 2019;53(12):7068–7074. doi: 10.1021/acs.est.9b01517
 24. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(4):1212. doi: 10.3390/ijerph17041212
 25. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ Int*. 2021;146:106274. doi: 10.1016/j.envint.2020.106274
 26. Yong CQY, Valiyaveetill S, Tang BL. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(5):1509. doi: 10.3390/ijerph17051509
 27. Rahman A, Sarkar A, Yadav OP, Achari G, Slobodnik J. Potential human health risks due to environmental exposure to nano- and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Sci Total Environ*. 2021;757:143872. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143872
 28. Prata JC, da Costa JP, Lopes I, Duarte AC, Rocha-Santos T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Sci Total Environ*. 2020;702:134455. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134455
 29. Barboza LGA, Vieira LR, Branco V, et al. Microplastics cause neurotoxicity, oxidative damage and energy-related changes and interact with the bioaccumulation of mercury in the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquat Toxicol*. 2018;195:49–57. doi: 10.1016/j.aquatox.2017.12.008
 30. Sussarellu R, Suquet M, Thomas Y, et al. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(9):2430–2435. doi: 10.1073/pnas.1519019113
 31. Wang YL, Lee YH, Chiu IJ, Lin YF, Chiu HW. Potent impact of plastic nanomaterials and microplastics on the food chain and human health. *Int J Mol Sci*. 2020;21(5):1727. doi: 10.3390/ijms21051727

