

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДОЕМАХ

А.В. Олешко

oleshkoav@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

В последнее время наблюдается увеличение числа исследований, посвященных проблеме загрязнения водной среды частицами микропластика. Методы исследований в этой области не стандартизированы и постоянно обновляются, поэтому существует актуальная потребность в определении метрологических проблем в области количественного определения содержания микропластика в водоемах. В работе рассмотрены способы отбора, очистки, сортировки и идентификации проб для нахождения частиц микропластика в водной среде, донных и береговых отложениях. Исследовано состояние метрологических аспектов в области количественной оценки содержания микропластика в водоемах и прибрежных зонах.

### Ключевые слова

Микропластик, метрология, метрологические проблемы, отбор проб, идентификация, водная среда, точность измерений, погрешность

Поступила в редакцию 05.06.2023

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

---

**Введение.** Пластик является одним из наиболее распространенных в мире материалов, поэтому все больше публикаций в последнее время посвящены теме загрязнения водоемов микропластиком. На заседании попечительского совета фонда «Экология» Росприроднадзор определил загрязнение окружающей среды микропластиком как одну из наиболее важных проблем на 2023 г. [1]. О способах попадания частиц в организм человека известно: например, при заваривании всего одного чайного пакетика выделяется 11,6 млрд микрочастиц [2]. Медицинский университет Вены в 2022 г. опубликовал в журнале *Exposure & Health* исследование [3], в котором доказано, что еженедельно в организм человека попадает около 5 г микропластика, что сопоставимо по массе с пластиковой картой. Влияние микропластика на организм человека до конца не изучено, но группа биологов из Лондонского музея естественной истории в 2023 г. опубликовала исследование [4], в котором описан механизм болезни *пластикоз*, приводящей к рубцеванию тканей внутренних органов и тяжелым нарушениям пищеварения толстоклювых буревестников.

**Определение микропластика.** Термин *микропластик* был введен в 2004 г. морским биологом Ричардом Томпсоном из Университета Плимута в Велико-

британии [5]. Микропластик представляет собой пластиковые частицы с размером менее 5 мм [6].

Источники появления микропластиков хорошо известны. Первичные частицы образуются в коммерческих продуктах, как правило, в очищающих средствах для лица [7]. Износ автомобильных дорог и стирка синтетических вещей [8] также приводят к появлению первичного микропластика. Вторичные микропластики фрагментированы из крупного пластикового мусора в результате физических, химических или биологических процессов [9].

Отбор проб для нахождения микропластика проводят из водной среды, донных и береговых отложений. Процессы анализа микропластика в различных экологических средах представлены на рис. 1.

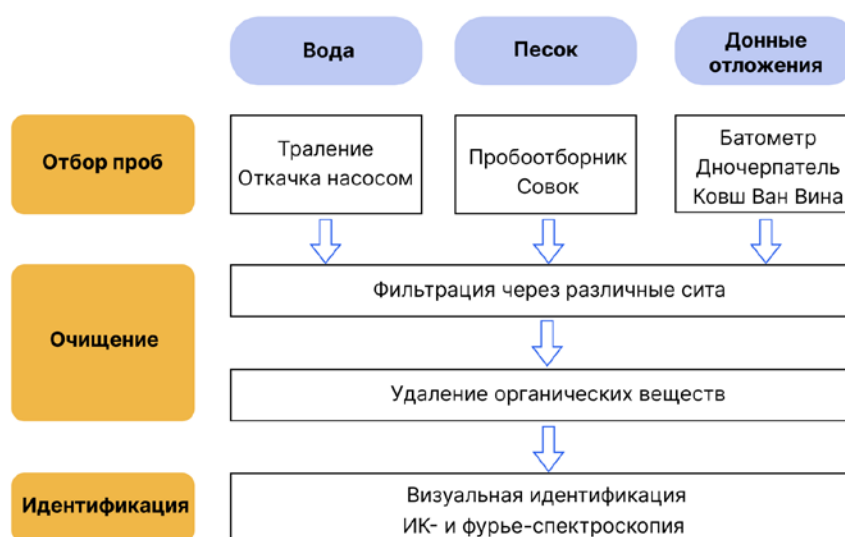


Рис. 1. Схема этапов анализа микропластика

Для отбора проб на глубине 0...0,5 м используют нейстонные тралы или сети Манта. Размер ячеек тралов и сетей колеблется от 100 до 500 мкм [10]. Тралы эффективны для крупномасштабного отбора поверхностных вод в озерах или морях, поскольку они имеют возможность фильтровать большой объем воды. Данный метод нуждается в стандартизации размера аппаратуры, скорости траления и времени отбора проб. Таким образом можно получить сопоставимые данные из разных водных сред. Для более точной оценки рекомендуется дополнительная откачка воды насосом.

Отбор проб в прибрежных зонах более прост и удобен, чем с морского или озерного дна. Однако в большинстве случаев пробы берутся случайным образом, не учитывая влияние приливов, глубину забора проб и их объем. Наиболее распространенная глубина отбора проб — 5 см, площадь выборки — 25 см<sup>2</sup>.

Участки в виде квадратов могут быть как равномерно распределены по береговой линии, так и быть частью одного конкретного участка. Массовая выборка наиболее полно отражает появление микропластика на береговых линиях, однако она требует больших временных затрат [11].

Для отбора проб донных отложений используется пробоотборник. На верхние 15 см дна приходится 95 % микропластика от общего числа, более половины из них на глубине 5 см. ореол распространения микропластика не ограничивается прибрежными зонами, так как его частицы довольно легко переносятся глубинными течениями. Также погрешность в измерения вносит распространение частиц с помощью живых организмов. Поэтому анализ донных отложений позволяет оценить только недавние загрязнения [12].

После отбора проб микропластик необходимо отделить от примесей. Для этого используют плотностное разделение. В пробу заливают флотационный раствор ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaI}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ), полученную смесь встряхивают и настаивают в течение нескольких часов [13]. Далее раствор помещают в плотностный трехфазный разделитель, где примеси, имеющие большую плотность, чем микропластик, выпадают в осадок и удаляются через сито. Полученный раствор очищают от органических веществ с помощью раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$ , что может привести к обесцвечиванию микропластика.

Конечный раствор может подвергаться идентификации различными способами: пиролизной газовой спектроскопией (GS/MS и TDS-GS/MS), спектроскопией Фурье (FT-IR), рамановской спектроскопией. После идентификации содержание микропластика подсчитывают вручную с помощью микроскопа или весов. Единица измерения концентрации частиц пластика не стандартизована. Наиболее распространена количественная оценка в частицах на кубический метр. Ручной подсчет частиц занимает много времени, поэтому в целях количественного определения содержания микропластика необходимо разработать программное обеспечение для автоматического подсчета в сочетании с методами идентификации.

**Выявление метрологических проблем.** В ходе международного сравнительного исследования, результаты которого были опубликованы в журнале «Аналитическая и биоаналитическая химия» в 2019 г. [14], 17 лабораторий провели анализ одинаковых проб, содержащих частицы микропластика. В результате выявлено большое расхождение результатов количественного определения в рамках одинаковых методов исследования. Отсутствие методики транспортировки образцов, их хранения является причиной возникновения дополнительной погрешности вследствие попадания извне частиц пластика. Выбор определенных параметров измерения и оборудования, например фильтров и фильтродержателей, позволит создать методику идентификации проб.

По данным исследования, опубликованным в журнале *Frontiers in Marine Science* в 2022 г. [15], при отборе проб в Балтийском море в идентичных услови-

ях с помощью насоса наблюдается большее содержание микропластика, чем при отборе проб тралением. Концентрация микропластика при тралении составляет  $0,12$  частиц/ $\text{м}^3$ , при откачке насосом —  $0,21$  частиц/ $\text{м}^3$  (рис. 2). Микропластик размером менее  $300$  мкм не собирается сетью трала, а откачка насосом позволяет отбирать весь диапазон частиц, что является причиной несогласованности результатов измерения.

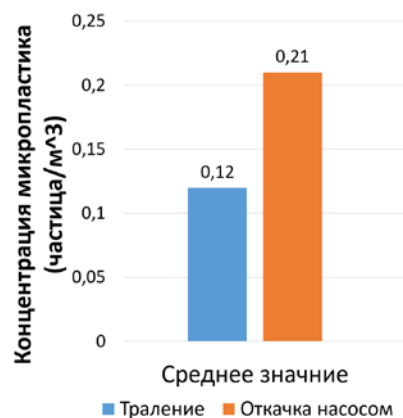


Рис. 2. Результаты отбора проб тралением и откачкой насосом

В России исследования о количественном определении микропластика в водоемах проводятся с 2017 г. В работе [13] впервые в России представлены методы анализа микропластика в пробах воды. Описаны необходимые материалы и оборудование, последовательность обработки пробы, приведены инструкции для выполнения визуальной идентификации и гравиметрического анализа. Данное исследование является хорошей базой для будущих экспериментов и популяризирует проблему загрязнения микропластиком.

Перспективной работой 2022 г. является создание компьютерной модели российским ученым Егором Воробьевым совместно с сотрудниками Института прикладной математики и компьютерных наук Томского государственного университета [16]. Пробы выводят на фильтры микроскопа, затем осуществляют фотосъемку с помощью камеры, установленной на приборе. Нейросеть анализирует данные на снимках и выдает ученым качественный и количественный результат. Благодаря использованию компьютерной модели время анализа пробы уменьшилось с 16 ч до 20 мин, а стоимость программного обеспечения будет доступна даже небольшим исследовательским коллективам.

По итогам анализа источников определены метрологические проблемы количественного определения содержания микропластика:

1) отсутствие единой методики взятия проб, их обработки, хранения и транспортировки. Это служит причиной недостоверности результатов измерений;

2) отсутствие аттестованных методик идентификации проб, что приводит к затруднительности сравнения результатов исследования;

3) отсутствие методов оценки погрешностей при исследовании проб. Их разработка позволит учитывать источники возникновения погрешностей и позволит повысить точность измерений;

4) весомая субъективная погрешность и трудозатратность ручной идентификации;

5) несогласованность результатов количественного измерения микропластика при различном методе взятия проб.

**Заключение.** В работе рассмотрены способы отбора проб, их очистки и идентификации. Для крупномасштабного отбора проб рекомендуется использовать сети трала, для более точных результатов измерений следует дополнительно откачивать воду насосом. В работе выявлены метрологические проблемы количественного определения содержания микропластика в водоемах: отсутствие единых методик взятия проб, их обработки, хранения и транспортировки; отсутствие аттестованных методик идентификации проб; отсутствие методов оценки погрешностей при исследовании проб; несогласованность результатов количественного измерения микропластика при различных методах взятия проб. Автоматизация процесса подсчета частиц микропластика с помощью микроскопа ускорит процесс подсчета и позволит повысить точность измерений, уменьшив долю субъективной погрешности.

## Литература

- [1] РСХБ и Росприроднадзор утвердили план совместных экологических инициатив на 2023 год. URL: <https://www.vremyan.ru/news/514042> (дата обращения 18.04.2023).
- [2] Hernandez L.M., Elvis Genbo Xu, Larsson H.C.E., Tahara R. Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environ. Sci. Technol.*, 2019, vol. 53. <http://doi.org/10.1021/acs.est.9b02540>
- [3] Gruber E.S., Stadlbauer V., Pichler V. To Waste or Not to Waste: Questioning Potential Health Risks of Micro- and Nanoplastics with a Focus on Their Ingestion and Potential Carcinogenicity. *Expo and Health*, 2022, vol. 15, pp. 33–51. <http://doi.org/10.1007/s12403-022-00470-8>
- [4] Charlton-Howard H.S., Bond A.L., Rivers-Auty J. et al. ‘Plasticosis’: Characterising macro- and microplastic-associated fibrosis in seabird tissues. *Journal of Hazardous Materials*, 2023, vol. 450, art. 131090. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131090>
- [5] Thompson R., Olsen Y., Mitchell R. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 2004, vol. 304 (5672), art. 838. <http://doi.org/10.1126/science.1094559>
- [6] Betts K. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environ Sci. Technol.*, 2009, vol. 42 (24), art. 8995. <http://doi.org/10.1021/es802970v>
- [7] Fendall L.S., Sewell M.A. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, 2009, vol. 58, pp. 1225–1228. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.025>

- [8] Чернышова А.Г., Капизова А.М. Загрязнение окружающей среды пластиковыми отходами и эффективные методы решения экологической проблемы. *Экология родного края: проблемы и пути их решения. Матер. XVII Всерос. науч.-практич. конф. с международным участием: сб. тр.* Киров, Вятский государственный университет, 2022, с. 201–205.
- [9] Andrady A.L. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, vol. 62, no. 8, pp. 1596–1605. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- [10] Enders K., Stedmon C.A., Nielsen T.G. Abundance, size and polymer composition of marine microplastics  $\geq 10 \mu\text{m}$  in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Mar. Pollut. Bull.*, 2015, vol. 100 (1). <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.027>
- [11] Nel H.A., Froneman P.W. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Mar. Pollut. Bull.*, 2015, vol. 101 (1). <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.043>
- [12] Carson H.S., Colbert S.L., Kaylor M.J. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, vol. 62 (8), pp. 1708–1713. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>
- [13] 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. <http://doi.org/10.7868/S0030157418010148>
- [14] Müller Y.K., Wernicke T., Pittroff M. Microplastic analysis — are we measuring the same? Results on the first global comparative study for microplastic analysis in a water sample. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2019, vol. 412. <http://doi.org/10.1007/s00216-019-02311-1>
- [15] Jun S., Buhhalko N., Lind K. Uncertainty and Consistency Assessment in Multiple Microplastic Observation Datasets in the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.886357>
- [16] *Нейросеть, созданная и обученная в ТГУ, будет «сортировать» микропластик.*  
URL: <https://news.tsu.ru/news/neyroset-sozdannaya-i-obuchennaya-v-tgu-budet-sortirovat-mikroplastik/>  
(дата обращения 18.04.2023).

**Олешко Анна Владимировна** — студент кафедры «Стандартизация и метрология», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Тумакова Екатерина Владимировна, старший преподаватель кафедры «Стандартизация и метрология», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

**Олешко А.В.** Метрологические проблемы в области количественного определения микропластика в водоемах. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 08 (85). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-8-929>

## METROLOGICAL PROBLEMS IN MICROPLASTICS QUANTITATIVE DETERMINATION IN THE WATER BASINS

A.V. Oleshko

oleshkoav@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

---

### Abstract

Recently, there has been an increase in the number of studies on the problem of contamination by microplastic particles in the aquatic environment. Research methods in this area are not standardized and are constantly being updated, there is a need to identify metrological problems in the field of quantitative determination of microplastics in reservoirs. Methods of sampling, cleaning, sorting and identification of samples for finding microplastic particles in the aquatic environment, bottom and shore sediments are considered in the work. The state of metrological aspects in the field of quantitative assessment of the content of microplastic particles in reservoirs and coastal zones is investigated.

### Keywords

Microplastics, metrology, metrological problems, sampling, identification, aquatic environment, measurement accuracy, error

Received 05.06.2023

© Bauman Moscow State Technical University, 2023

---

### References

- [1] RSKhB i Rosprirodnadzor utverdili plan sovместnykh ekologicheskikh initsiativ na 2023 god [RSHB and Rosprirodnadzor approved a plan of joint environmental initiatives for 2023]. URL: <https://www.vremyan.ru/news/514042> (accessed April 18, 2023).
- [2] Hernandez L.M., Elvis Genbo Xu, Larsson H.C.E., Tahara R. Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environ. Sci. Technol.*, 2019, vol. 53. <http://doi.org/10.1021/acs.est.9b02540>
- [3] Gruber E.S., Stadlbauer V., Pichler V. To Waste or Not to Waste: Questioning Potential Health Risks of Micro- and Nanoplastics with a Focus on Their Ingestion and Potential Carcinogenicity. *Expo and Health*, 2022, vol. 15, pp. 33–51. <http://doi.org/10.1007/s12403-022-00470-8>
- [4] Charlton-Howard H.S., Bond A.L., Rivers-Auty J. et al. ‘Plasticosis’: Characterising macro- and microplastic-associated fibrosis in seabird tissues. *Journal of Hazardous Materials*, 2023, vol. 450, art. 131090. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131090>
- [5] Thompson R., Olsen Y., Mitchell R. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 2004, vol. 304 (5672), art. 838. <http://doi.org/10.1126/science.1094559>
- [6] Betts K. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environ Sci. Technol.*, 2009, vol. 42 (24), art. 8995. <http://doi.org/10.1021/es802970v>
- [7] Fendall L.S., Sewell M.A. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, 2009, vol. 58, pp. 1225–1228. <http://doi.org/10.1016/j.marpollbul.2009.04.025>

- [8] Chernyshova A.G., Kapizova A.M. Environmental pollution with plastic waste and effective methods for solving an environmental problem. *Ekologiya rodnogo kraya: problemy i puti ikh resheniya. Mater. XVII Vseros. nauch.-praktich. konf. s mezhdunarodnym uchastiem: sb. tr.* [Ecology of the native land: problems and ways to solve them. Proceedings of the XVII All-Russian scientific-practical conference with international participation: a collection of works]. Kirov, VSU Publ., 2022, pp. 201–205. (In Russ.).
- [9] Andrady A.L. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, vol. 62, no. 8, pp. 1596–1605. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- [10] Enders K., Stedmon C.A., Nielsen T.G. Abundance, size and polymer composition of marine microplastics  $\geq 10 \mu\text{m}$  in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Mar. Pollut. Bull.*, 2015, vol. 100 (1). <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.027>
- [11] Nel H.A., Froneman P.W. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Mar. Pollut. Bull.*, 2015, vol. 101 (1). <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.09.043>
- [12] Carson H.S., Colbert S.L., Kaylor M.J. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Mar. Pollut. Bull.*, 2011, vol. 62 (8), pp. 1708–1713. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>
- [13] Zobkov M.B., Esyukova E.E. Microplastics in the Marine Environment: Review of Methods of Selection, Preparation and Analysis of Samples of Water, Sediments and Coastal Sediments. *Okeanologiya*, 2018, vol. 58, no. 1, pp. 149–157. (In Russ.). <http://doi.org/10.7868/S0030157418010148>
- [14] Müller Y.K., Wernicke T., Pittroff M. Microplastic analysis — are we measuring the same? Results on the first global comparative study for microplastic analysis in a water sample. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2019, vol. 412. <http://doi.org/10.1007/s00216-019-02311-1>
- [15] Jun S., Buhhalko N., Lind K. Uncertainty and Consistency Assessment in Multiple Microplastic Observation Datasets in the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.886357>
- [16] *Neyroset', sozdannaya i obuchennaya v TGU, budet «sortirovat'» mikroplastik* [A neural network created and trained at TSU will “sort” microplastics]. URL: <https://news.tsu.ru/news/neyroset-sozdannaya-i-obuchennaya-v-tgu-budet-sortirovat-mikroplastik/> (accessed April 18, 2023).

**Oleshko A.V.** — Student, Department of Standardization and Metrology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Tumakova E.V., Senior Lecturer, Department of Standardization and Metrology, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Please cite this article in English as:**

Oleshko A.V. Metrological problems in microplastics quantitative determination in the water basins. *Politekhniicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2023, no. 08 (85). (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-8-929>