

Ш.Р. Поздняков, С.Г. Каретников, Е.В. Иванова, Д.А. Тихонова,
А.Е. Лапенков, А.В. Гузева

Институт озераедения РАН, *spb.spt@mail.ru*

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ

Для получения информации о зависимости содержания частиц микропластика от плотностной стратификации и других физических свойств водной среды требуется соответствующее оборудование. В данной статье приводится описание установки для выполнения отбора проб воды с целью исследования содержания частиц микропластика в водной толще. Данное оборудование может быть использовано на различных глубинах и позволяет точно фиксировать объемы отфильтрованной воды с целью проведения более точного анализа концентраций частиц пластика. Приведены первые результаты анализа проб, отобранных на различных глубинах, с использованием установки в сочетании с параллельными измерениями температурных градиентов в водной толще. Представленное оборудование может быть успешно использовано как во внутриконтинентальных водных объектах, так и в условиях морских акваторий.

Ключевые слова: концентрация микропластика; оборудование для отбора проб; физические параметры воды; слой температурного скачка.

DOI: <https://doi.org/10.24852/2411-7374.2021.4.41.45>

Введение

В настоящее время для проведения исследований концентраций микропластика в водной среде разные научные группы используют различные методы отбора проб. Широко применяются методы траления сетями (манта, бонго, нейстонная сеть) и насосные системы. Метод траления встречается в описаниях исследований довольно часто, т.к. данные сети удобны для использования с судна и позволяют производить отбор проб с больших площадей (Song et al., 2018). Однако при отборах проб данным методом забор воды, как правило, осуществляется только с поверхностного слоя водной толщи. Кроме того, не всегда учитываются помехообразующие факторы, связанные, например, с возникновением подпора воды при тралении. Насосные системы, в свою очередь, позволяют отобрать пробы не только в поверхностном слое, но и на других водных горизонтах. Данный метод применяется как на морских водных объектах (Karlsson et al., 2020, Schönlaue et al., 2020), так и на пресноводных (Tamminga et al., 2019).

Исследования, посвященные сравнению методов отбора проб насосными системами и траления сетями, не всегда приводят к однозначным выводам о том, какой метод является более точным для определения концентраций микро-

пластика в водной толще (Tamminga et al., 2019, Karlsson et al., 2020). Насосные системы позволяют точнее определять количество профильтрованной воды и, следовательно, концентрации микропластика на определенный объем, а также, за счет мелкой ячеек сетки, позволяют собрать частицы микропластика меньшего размера (Tamminga et al., 2019, Karlsson et al., 2020, Schönlaue et al., 2020). Сети манты, в свою очередь, позволяют быстрее профильтровать значительный объем воды и эффективны в удержании больших частиц микропластика, которые реже встречаются в воде и потому не всегда попадают на сетки насосных систем (Tamminga et al., 2019, Karlsson et al., 2020). Важную роль в удерживании частиц играет размер ячеек сетки, т.к. количество микропластика увеличивается с уменьшением его размера (Lusher et al., 2015, Song et al., 2018). Форма микропластика также влияет на удержание частиц различными устройствами. Частицы в виде волокон чаще встречаются в пробах, отобранных насосом, а не сетями, так как из-за их небольшого поперечного диаметра волокна могут проходить сквозь ячейки сети манты, не задерживаясь в ней (Setälä et al., 2016, Tamminga et al., 2019). Таким образом, использование насосной системы для фильтрации частиц на мелкую сетку (60–100 мкм) позволяет проанализировать содержание в

воде частиц микропластика меньшего размера и разной формы. Еще одним преимуществом насосной системы перед сетью манта является меньший риск внешнего загрязнения (Schönlau et al., 2020). Вне зависимости от метода отбора проб, важным фактором является фильтрация значительного объема воды с целью получения статистически достоверного показателя концентрации частиц в водной толще (Tamminga et al., 2019, Karlsson et al., 2020).

В настоящее время большое количество исследований посвящено анализу микропластиковых частиц в поверхностном слое водных объектов (Hidalgo-Ruz, 2012). Однако микропластик со временем опускается в более глубокие слои в связи с образованием на нем биопленки и колоний микроорганизмов, что влияет на его гидрофобность и уменьшает плавучесть (Kooi et al., 2017, Kaiser et al., 2017). Также на опускание микропластиковых частиц в толщу воды влияет их плотность, форма и размер (Enders et al., 2015). Таким образом, исследование содержания микропластика на различных водных горизонтах позволяет получить более полную информацию о наличии и характеристиках микропластиковых частиц в водной толще.

Для отбора проб воды с различных водных горизонтов в основном используются системы с погружным насосом (Song et al., 2018, Tamminga, Fischer, 2020), хотя встречаются и описания исследований с использованием нейстонной сети на различных глубинах (Lenaker et al., 2019).

Материалы и методы исследования

Институт озероведения РАН разработал простое и недорогое устройство, позволяющее выполнять отбор проб воды с различных глубин при помощи насоса для последующего анализа содержания микропластика в водной толще. Устройство позволяет точно определить объем профильтрованной воды. Дополнительным плюсом является отсутствие контакта отбираемой пробы с пластиковыми элементами конструкции.

Установка предполагает использование бытового вибрационного электрического насоса малой мощности около 250 Вт и производительностью 0.3 л/с. К водозаборной части насоса через резиновый переходник, плотно прилегающий к корпусу насоса, прикрепляет-

ся шланг с фильтровальной установкой, которая опускается на требуемую глубину отбора. Сам насос в данной конструкции (рис. 1а) всегда располагается в поверхностном слое воды. При этом забор воды для фильтрования может осуществляться с любой глубины, в зависимости от длины шланга. Вода поступает через фильтр под действием внешнего гидростатического давления без создания разрежения давления в шланге. Таким образом, исключается движение воды до фильтрации через пластиковые шланги. Вода, поступающая на сетку, проходит через фильтрационную установку, предотвращающую вымывание образца при подъеме устройства. Необходимо отслеживать скорость фильтрования при помощи счетчика. Уменьшение скорости фильтрации свидетельствует о забивании сетки планктоном и взвесью. При уменьшении скорости процесс фильтрования следует остановить.

Для дифференциации частиц по размеру в водозаборное устройство может быть установлен набор из нескольких металлических сеток с различными диаметрами ячеек. Измерение объема воды, прокачанной через сетки-фильтры, осуществляется при помощи счетчика, размещенного на выходе из насоса.

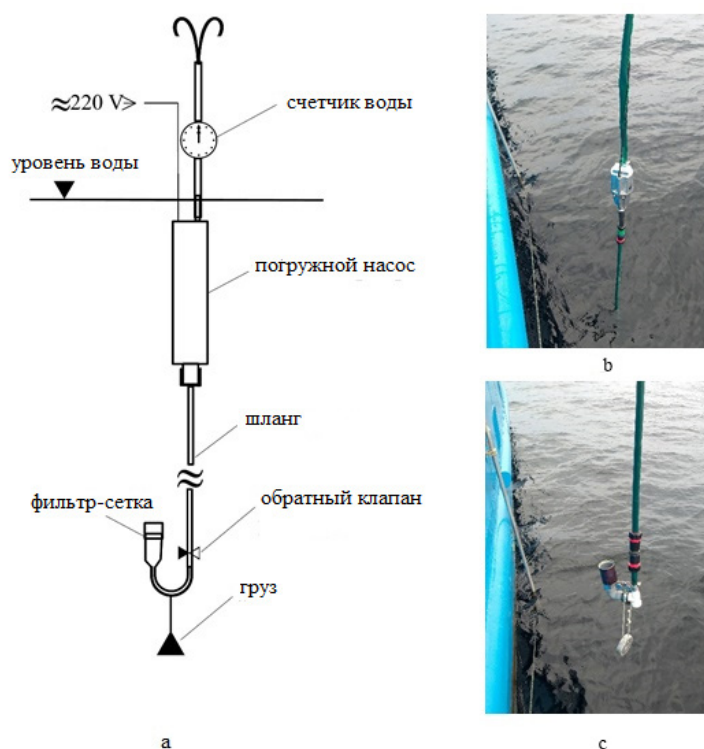


Рис. 1. Установка для отбора проб для оценки концентраций частиц микропластика в водной толще (а – схема, б – верхняя часть установки, с – нижняя часть установки)
Fig. 1. The sampling device for studying microplastics concentrations in water column (a – a scheme, b – an upper part, c – a lower part)

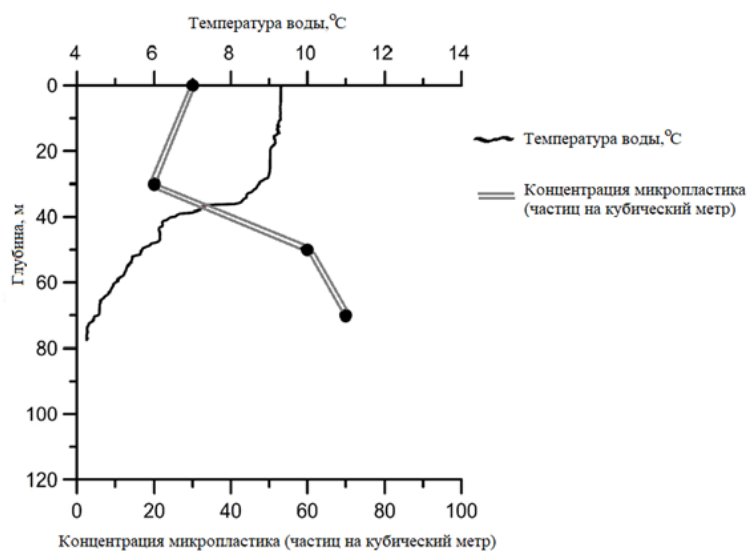


Рис. 2. Значения концентраций микропластика, совмещенные с результатами температурных зондировок водной толщи в северной части Ладожского озера

Fig. 2. Microplastics concentrations and temperature gradients of water column in the northern part of Lake Ladoga

Предлагаемая установка позволяет выполнять актуальные исследования, связанные с изучением вертикального распределения микропластиковых частиц в воде в сочетании с оценкой гидрофизических характеристик водной толщи. Применение описанного оборудования позволяет упростить и удешевить подобные работы.

В Институте озероведения РАН данное устройство используется для изучения распределения частиц микропластика в водной толще Ладожского озера. Экспедиционные работы в летний период проходят на научно-исследовательских судах. На малых водоемах отбор проб осуществляется с лодки, в зимний период – с ледового покрова водоема. В отсутствие стационарного электропитания используется генератор малой мощности.

Для отбора проб на акватории Ладожского озера использовался погружной насос со шлангом длиной до 100 м. В фильтрационной установке применялись сетки с диаметром ячеей 60 мкм. Объемы отфильтрованной воды составляли 200 – 1000 л. Эти вариации обусловлены наличием в водной толще в определённые сезоны года планктона и взвеси, что ограничивает объем профильтрованной воды в связи с загрязнением сетки.

В процессе отбора проб воды в Ладожском озере в период формирования температурного скачка выполнялись параллельные измерения физических параметров водной толщи. Полученные температурные профили будут использоваться для анализа связи концентрации микропластика с плотностными характеристиками водной толщи. На рисунке 2 приведен пример распределения

концентрации микропластика в контексте изменения температуры по глубине по данным экспериментальных исследований, проведенных в 2020 г.

Для наработки статистически достоверных данных летом 2021 г. проведены масштабные исследования вертикального распределения частиц микропластика в водной толще. Полученные результаты позволят выявить существующие закономерности данного типа распределения на акватории Ладожского озера.

Заключение

Как показал опыт натурных исследований, представленная установка обеспечивает надежное выполнение подобных работ на глубинах до 100 метров. Теоретически устройство может быть применено и на более значительных глубинах, как на пресноводных, так и на морских водных объектах. Таким образом может быть получен необходимый объем информации для анализа зависимости содержания частиц микропластика от плотностной стратификации в водной толще и от других физических свойств водной среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме №0154-2019-0003 «Разработка комплексных методов исследования и оценки характеристик твердых частиц в наномасштабном диапазоне размеров в водных объектах с различной степенью антропогенной нагрузки».

Список литературы

1. Enders K., Lenz R., 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 // *Marine pollution bulletin*. 2015. V. 100, iss. 1. P. 70–81. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.027
2. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // *Environmental science and technology*. 2012. V. 46, iss. 6. P. 3060–75. doi: 10.1021/es2031505
3. Kaiser D., Kowalski N., Waniek J.J. Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics // *Environmental research letters*. 2017. V. 12, iss. 12. 124003. doi: 10.1088/1748-9326/aa8e8b
4. Karlsson T.M., Kärrman A., Rotander A., Hassellöv M. Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters // *Environmental science and pollution research*. 2020. V. 27. P. 5559–5571. doi: 10.1007/s11356-019-07274-5
5. Kooi M., van Nes E.H., Scheffer M., Koelmans A.A. Ups and downs in the ocean: effects of biofouling on vertical transport

of microplastics // *Environmental science and technology*. 2017. V. 51, iss. 14. P. 7963–7971. doi: 10.1021/acs.est.6b04702

6. Lenaker P.L., Baldwin A.K., Corsi S.R., Mason S.A., Reneau P.C., Scott J.W. Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River basin to lake Michigan // *Environmental science and technology*. 2019. V. 53, iss. 21. P. 12227–12237. doi: 10.1021/acs.est.9b03850

7. Lusher A. Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects marine anthropogenic litter // *Marine anthropogenic litter*. 2015. P. 245–307. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3_10

8. Schönlaug C., Karlsson T.M., Rotander A., Nilsson H., Engwall M., van Bavel B., Kärrman A. Microplastics in sea-surface waters surrounding Sweden sampled by mantatrawl and in-situ pump // *Marine pollution bulletin*. 2020. V. 123. 111019. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111019

9. Setälä O., Magnusson K., Lehtiniemi M., Norén F. Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: a comparison of two sampling methods // *Marine pollution bulletin*. 2016. Vol. 110, iss. 1. P. 177–183. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.065

10. Song Y.-K., Hong S.H., Eo S., Jang M., Han G.M., Isobe A., Shim W.J. Horizontal and vertical distribution of microplastics in Korean coastal waters // *Environmental science and technology*. 2018. V. 52, iss. 21. P. 12188–12197. doi: 10.1021/acs.est.8b04032

11. Tamminga M., Stoewer S.-C., Fischer E.K. On the representativeness of pump water samples versus manta sampling in microplastic analysis // *Environmental pollution*. 2019. V. 254. 112970. doi: 10.1016/j.envpol.2019.112970

12. Tamminga M., Fischer E.K. Microplastics in a deep, dimictic lake of the North German Plain with special regard to vertical distribution patterns // *Environmental pollution*. 2020. Vol. 267. 115507. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115507

References

1. Enders K., Lenz R., 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 // *Marine pollution bulletin*. 2015. Vol. 100, iss. 1. P. 70–81. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.09.027

2. Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification // *Environmental science and technology*. 2012. Vol. 46, iss. 6. P. 3060–75. doi: 10.1021/es2031505

3. Kaiser D., Kowalski N., Waniek J.J. Effects of biofouling on the sinking behavior of microplastics // *Environmental research letters*. 2017. Vol. 12, iss. 12. 124003. doi: 10.1088/1748-9326/aa8e8b

4. Karlsson T.M., Kärrman A., Rotander A., Hassellöv M. Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters // *Environmental science and pollution research*. 2020. Vol. 27. P. 5559–5571. doi: 10.1007/s11356-019-07274-5

5. Kooi M., van Nes E.H., Scheffer M., Koelmans A.A. Ups and downs in the ocean: effects of biofouling on vertical transport of microplastics // *Environmental science and technology*. 2017. Vol. 51, iss. 14. P. 7963–7971. doi: 10.1021/acs.est.6b04702

6. Lenaker P.L., Baldwin A.K., Corsi S.R., Mason S.A.,

Reneau P.C., Scott J.W. Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River basin to lake Michigan // *Environmental science and technology*. 2019. Vol. 53, iss. 21. P. 12227–12237. doi: 10.1021/acs.est.9b03850

7. Lusher A. Microplastics in the marine environment: distribution, interactions and effects marine anthropogenic litter // *Marine anthropogenic litter*. 2015. P. 245–307. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3_10

8. Schönlaug C., Karlsson T.M., Rotander A., Nilsson H., Engwall M., van Bavel B., Kärrman A. Microplastics in sea-surface waters surrounding Sweden sampled by mantatrawl and in-situ pump // *Marine pollution bulletin*. 2020. Vol. 123. 111019. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111019

9. Setälä O., Magnusson K., Lehtiniemi M., Norén F. Distribution and abundance of surface water microlitter in the Baltic Sea: a comparison of two sampling methods // *Marine pollution bulletin*. 2016. Vol. 110, iss. 1. P. 177–183. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.065

10. Song Y.-K., Hong S.H., Eo S., Jang M., Han G.M., Isobe A., Shim W.J. Horizontal and vertical distribution of microplastics in Korean coastal waters // *Environmental science and technology*. 2018. V. 52, iss. 21. P. 12188–12197. doi: 10.1021/acs.est.8b04032

11. Tamminga M., Stoewer S.-C., Fischer E.K. On the representativeness of pump water samples versus manta sampling in microplastic analysis // *Environmental pollution*. 2019. Vol. 254. 112970. doi: 10.1016/j.envpol.2019.112970

12. Tamminga M., Fischer E.K. Microplastics in a deep, dimictic lake of the North German Plain with special regard to vertical distribution patterns // *Environmental pollution*. 2020. Vol. 267. 115507. doi: 10.1016/j.envpol.2020.115507

Pozdnyakov Sh.R., Karetnikov S.G., Ivanova E.V., Tikhonova D.A., Lapenkov A.E., Guzeva A.V. **Experience of using a filtration device for studying vertical distribution of microplastics in water column**

In order to obtain information on dependence of microplastics concentration on density stratification in water column and other physical characteristics of the aquatic environment it is necessary to have special equipment. In this report there is a description of a sampling device for assessment of microplastics concentrations at different depths. The device allows fixing volume of filtered water accurately and that is important for the detailed analysis of the microplastics content. Here, there are a few results of the analysis of microplastics concentrations at different depths for the samples, taken by this device together with parallel measurements of water temperature gradients in water column. The device can be effectively used both in seas and continental water bodies.

Keywords: microplastics concentration; sampling device; physical characteristics of water; thermocline.

Раскрытие информации о конфликте интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / Disclosure of conflict of interest information: The author claims no conflict of interest

Информация о статье / Information about the article.

Поступила в редакцию / Entered the editorial office: 26.11.2021

Одобрено рецензентами / Approved by reviewers: 03.12.2021

Принята к публикации / Accepted for publication: 10.12.2021

Сведения об авторах

Поздняков Шамиль Рауфович, доктор географических наук, директор, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: tbgmaster@mail.ru

Каретников Сергей Германович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: sergeyka55@mail.ru

Иванова Екатерина Викторовна, кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: spb.spt@mail.ru

Тихонова Дарья Алексеевна, младший научный сотрудник, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: tdasha94@mail.ru

Лапенков Артем Евгеньевич, младший научный сотрудник, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: lapa13art@gmail.com

Гузева Алина Валерьевна, младший научный сотрудник, Институт озероведения РАН, 196105, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9, E-mail: olina2108@mail.ru

Information about the authors

Shamil R. Pozdnyakov, D.Sci. in Geography, Director, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: tbgmaster@mail.ru.

Sergey G. Karetnikov, Ph.D. in Geography, Senior Researcher, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: sergeyka55@mail.ru.

Ekaterina V. Ivanova, Ph.D. in Geography, Researcher, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: spb.spt@mail.ru.

Daria A. Tikhonova, Junior Researcher, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: tdasha94@mail.ru.

Artem E. Lapenkov, Junior Researcher, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: lapa13art@gmail.com.

Alina V. Guzeva, Junior Researcher, Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, 9, Sevast'yanova st., St. Petersburg, 196105, Russia, E-mail: olina2108@mail.ru