

Сравнение содержания микропластика в озёрах Мурманска и Териберки

Шалунова Е. П.¹, Весман А. В.^{2,3}, Морозова Е. И.¹, Слуковский З. И.², Шебеста А. А.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

² Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Апатиты

³ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, anna.vesman@aari.ru

Аннотация. Загрязнение пресноводных систем микропластиком представляет серьёзную экологическую угрозу, однако большинство исследований сосредоточено на морских экосистемах. В данной работе изучено распределение микропластика в озёрах города Мурманска и района поселка Териберка (Мурманская область), а также проанализированы потенциальные факторы его накопления. Пробы воды и донных отложений отбирались с последующей фильтрацией, пробоподготовкой и микроскопическим анализом. Для идентификации состава частиц применялись методы ИК-Фурье и рамановской спектроскопии. Результаты показали, что концентрация микропластика в озёрах Мурманска (0.4–1.4 частиц/л) значительно выше, чем в Териберке (в среднем 0.3 частиц/л). В городских водоёмах преобладали прозрачные и белые нити, в Териберке – синие. В донных отложениях (только Мурманск) содержание составило 97–473 частиц/кг, преимущественно прозрачных и чёрных нитей. Спектроскопия подтвердила наличие полипропилена, нейлона и полиакрилонитрила, однако значительная доля частиц оказалась целлюлозой или осталась неидентифицированной. Установлено, что морфометрические параметры озёр не влияют на распределение микропластика, тогда как антропогенные факторы (урбанизация, плотность населения, близость дорог) играют ключевую роль. Исследование подчёркивает необходимость мониторинга пресноводных систем, особенно в урбанизированных районах, и указывает на сложность идентификации микропластика из-за разнообразия его источников и состава.

Ключевые слова: микропластик, пресноводные озёра, загрязнение окружающей среды, спектроскопический анализ, антропогенное воздействие, Мурманская область, донные отложения.

Comparison of microplastic content in lakes of Murmansk and Teriberka

Shalunova E. P.¹, Vesman A. V.^{2,3}, Morozova E. I.¹, Slukovskii Z. I.², Shebesta A. A.¹

¹ Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

² Institute of the North Industrial Ecology Problems of Kola Science Center of RAS, Apatity, Russia

³ Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia, anna.vesman@aari.ru

Abstract. Microplastic pollution of freshwater systems poses a serious environmental threat, but most studies have focused on marine ecosystems. This paper examines the distribution of microplastics in lakes in Murmansk and the Teriberka area (Murmansk Region) and analyzes potential factors for their accumulation. Water and bottom sediment samples were collected and then filtered, samples prepared, and analyzed microscopically. Fourier transform infrared (FTIR) and Raman spectroscopy were used to identify the particle composition. The results showed that the concentration of microplastics in Murmansk lakes (0.4–1.4 particles/l) was significantly higher than in Teriberka (0.3 particles/l on average). Transparent and white threads predominated in urban water bodies, while blue threads predominated in lakes near Teriberka. In bottom sediments (Murmansk only), the content was 97–473 particles/kg, mainly transparent and black threads. Spectroscopy confirmed the presence of polypropylene, nylon and polyacrylonitrile, but a significant proportion of the particles were cellulose or remained unidentified. It was found that the morphometric parameters of the lakes do not affect the distribution of microplastics, while anthropogenic factors (urbanization, population density, proximity to roads) play a key role. The study highlights the need to monitor freshwater systems, especially in urbanized areas, and points to the difficulty of identifying microplastics due to the diversity of their sources and composition.

Keywords: microplastics, freshwater lakes, environmental pollution, spectroscopic analysis, anthropogenic impact, Murmansk region, bottom sediments.

Введение

Загрязнение микропластиком окружающей среды является актуальной проблемой для изучения в геоэкологии. В последнее время количество синтетических полимерных материалов, используемых в промышленности, увеличивается с каждым годом. Потенциальную опасность для здоровья человека представляет загрязнение пресноводных систем частицами синтетических полимеров, размером менее 0.5 см (микропластиком), поскольку данные объекты являются источниками питьевого водоснабжения и местами рекреации. При этом значительное количество публикаций по проблеме загрязнения природной среды микропластиком посвящено изучению его распространения в морской среде.

В данном исследовании мы сравнили распространение микропластика в озёрах города Мурманска и озёрах близ туристического района Териберки в Мурманской области, анализируя потенциальные влияющие факторы.

Методы

Пробы для определения концентрации микропластика отбирались в поверхностном слое воды путем фильтрации через стальной фильтр с ячейкой 71 микрон. Далее фильтр отправлялся на анализ в лабораторию. В озерах г. Мурманск пробы воды и донных отложений отбирали в центральной части соответствующего водоема, а в районе посёлка Териберка – в прибрежной зоне. Донные отложения отбирались с помощью дночерпателя Экмана–Берджа. После пробоотбора осуществлялась пробоподготовка, основной целью которой было выделение синтетических полимерных частиц из пробы, в том числе окисление природных органических и отделение минеральных фрагментов, мешающих определению микропластика (Зобков, Есюкова, 2018; Ластовина и др., 2020). Выделенные из проб воды и донных отложений пластиковые частицы концентрировали на чашках Петри, которые впоследствии рассматривали под световым микроскопом с увеличением до $\times 100$ с целью подсчета частиц микропластика в каждой пробе. Отобранные из проб типичные образцы частиц (нитей и фрагментов), предполагаемого пластика подверглись спектроскопическому анализу (Зобков, Есюкова, 2018; Ластовина и др., 2020).

Результаты и обсуждение

Для водных проб фактическое количество микрочастиц в чашке было поделено на объем пробы, пролитой сквозь фильтровальную установку (в литрах), таким образом рассчитывалось количество частиц в 1 л воды. Для донных отложений количество частиц было рассчитано на 1 кг абсолютно сухого веса пробы.

При сравнении количества частиц в пробах воды, отмечено значимо большее количество частиц в озёрах города Мурманск (оз. Среднее – 1.4 част./л, оз. Окунёвое – 1.0 част./л, оз. Семёновское – 0.7 част./л, оз. Северное – 0.4 част./л), и меньшее – в озёрах пос. Териберка (в среднем 0.3 част./л) (Морозова, 2024). Большая часть микрочастиц, обнаруженных в пробах воды из озер г. Мурманск, приходится на нити прозрачного и бело-прозрачного цвета. А для воды озер Териберки характерным является наибольшая доля синих нитей среди микропластика. Сходный характер распределения частиц по типам и цвету в разных озерах говорит о сходных источниках загрязнения водной среды микрочастицами.

Пробы донных отложений отбирались только в озёрах города Мурманск, содержание частиц в них составило 97–473 част./кг (в среднем 210 част./кг) (Морозова, 2024). Большая часть микропластиковых частиц, обнаруженных в пробах донных отложений, приходится на нити прозрачного и чёрного цветов.

После подсчета микрочастиц были отобраны типичные образцы, для определения типа материала методами спектроскопии. Исследование образцов методами спектроскопии комбинационного рассеяния света и ИК-Фурье спектроскопии было проведено с использованием оборудования ресурсного центра «Оптические и лазерные методы исследования вещества» Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета. В пробах воды исследуемых озёр 24 %

проанализированных частиц достоверно относятся к синтетическим полимерным частицам (микропластику). В составе частиц определены: полипропилен, нейлон и полимер на основе эпоксидной смолы. Такую же долю частиц представляет целлюлоза (24 %), которая может относиться как к натуральным, так и к полусинтетическим нитям (например, вискоза или целлофан). Больше всего в составе типичных образцов были идентифицированы органические пигменты различных видов (33 %). Не удалось идентифицировать материал для 19 % типичных образцов частиц из проб воды.

В пробах донных отложений исследуемых озёр определено, что 10 % микрочастиц, относятся к полимерам. По составу это полимеры на основе полиакрилонитрила (PAN) – сополимер с винилацетатом. Максимальную долю составляют частицы целлюлозы (43 %), которая, как и в пробах воды, может относиться к полусинтетическим нитям. Органические пигменты различных видов определены в спектрах 10 % всех частиц в выборке. Не удалось идентифицировать 39 % типичных образцов частиц из донных отложений.

Говоря о факторах, влияющих на распространение микропластика в водной среде и в донных отложениях, было установлено, что морфометрические характеристики водоёмов (объём водной массы, площадь водного зеркала и водосборного бассейна) (Казакова, 1971) не оказывают статистически значимого влияния на содержание микрочастиц. Более существенное воздействие проявляется за счёт антропогенных факторов, таких как численность населения на водосборе, уровень урбанизированности и наличие вблизи водного объекта автомобильных дорог.

Благодарности

Исследование образцов методами спектроскопии комбинационного рассеяния света и ИК-Фурье спектроскопии было проведено с использованием оборудования ресурсного центра «Оптические и лазерные методы исследования вещества» Научного парка Санкт-Петербургского государственного университета.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках гранта № 24-17-20006.

Литература

1. 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.
2. Казакова О. Н. Ландшафты мурманской области // *Природа и хозяйство Севера*. № 3. Апатиты. 1971.
3. Ластовина Т. А., Галушка С. С., Бескопильный Е. Р. и др. Загрязнение микропластиком природных водоемов: концентрации, риски и методы исследований // *Труды Южного научного центра Российской академии наук*. 2020. Т. 8. С. 237–255. DOI 10.23885/1993-6621-2020-8-237-255.
4. Морозова Е. И. Анализ микропластиковых частиц озера Кольского полуострова. Выпускная квалификационная работа. Изд-во: СПбГУ. 2024. 84 с.