

КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ МИКРОПЛАСТИКА В ВОДАХ ОЗЕРА ИЛЬМЕНЬ В 2024 г.: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

А.П. Педченко ^{*}, Я.Ю. Блиновская ^{**}, Г.А. Муратов ^{***}

^{*} ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва, pedchenko@vniro.ru

^{**} Дальневосточный Федеральный Университет (ФГАОУ ВО «ДВФУ»),
г. Владивосток, blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

^{***} Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий механики и оптики (ФГАОУ ВО ИТМО),
г. Санкт-Петербург, geralok@bk.ru

Аннотация: исследования последних десятилетий показали, что микропластиковое загрязнение, в совокупности с другими факторами антропогенного воздействия, может оказывать негативное влияние на биологическую продуктивность водоемов, в том числе на колебания численности и биомассы промысловых популяций. В связи с актуальностью данного вопроса проведена количественная оценка содержания микропластика (МП) в воде озера Ильмень, одного из Великих Озер Северо-Запада России. Эти предварительные данные указывают на ничтожное загрязнение вод озера микрополастиком ($0,03 \pm 0,039$ ед./м³) и могут быть использованы в качестве «нулевого» / базового уровня в дальнейших исследованиях водоемов Новгородской области.

Ключевые слова: микропластик, антропогенное загрязнение, сеть Манта, озеро Ильмень

Последствия глобального изменения климата и антропогенного воздействия становятся актуальными факторами риска для экономики и экологии, Северо-Запад России не является исключением, что требует разработки стратегии экологического мониторинга биотопов экосистем и новых подходов комплексного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды территорий.

Озеро Ильмень является важным хозяйственным объектом Новгородской области. Экологические проблемы, вызванные климатическими изменениями и антропогенным воздействием оказывают негативное влияние на биологическую продуктивность водоемов, в том числе на колебания численности и биомассы промысловых популяций (Бойцов, Несветова, 2017).

Экологические проблемы Новгородской области в целом типичны для Северо-запада России и связаны с высокой долей загрязнения рек промышленными и бытовыми стоками (до 92,5 %) в общем объеме сбросов, загрязнением воздуха выхлопными газами в городах, а также с экологически неэффективным обращением с коммунальными и промышленными отходами (Об экологических проблемах..., 2015).

В последние десятилетия во многих странах экологи отмечают новый вид антропогенного воздействия на водные экосистемы – микропластиковое загрязнение, регистрируют увеличение количества микропластика (МП) в окружающей среде и его негативное влияние на представителей разных трофических уровней (Frias, Nash, 2019; PAME, 2019; Du, et al., 2021). Эта проблема считается важной областью современных экологических исследований (Anderson et al., 2016; Bucci, et al., 2020) в связи с повышенной устойчивостью частиц МП к внешним факторам и низкой скоростью их биологического разложения, а также потенциальной возможностью частиц быть переносчиками органических, токсичных загрязнителей, патогенных микроорганизмов.

В связи с актуальностью вышеперечисленных экологических вопросов, специалистами ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО» был проведен сбор проб воды на содержание МП на акватории озера Ильмень, в мае 2024 г.

Цель исследования – количественная оценка содержания МП в водах одного из Великих Озер Северо-Запада России.

Аналогичные работы выполняются в континентальных водных объектах в разных странах и часто показывают достаточно высокую степень концентрации МП. Актуальность изучения этого типа загрязнения обусловлена ростом объемов производства МП, который значительно обгоняет развитие мероприятий, направленных на управление и смягчение последствий загрязнения биосферы пластиковыми отходами (Felismino, et al., 2020).

Полевой отбор проб микропластика на поверхности озера Ильмень для оценки загрязнения вод был выполнен 24-25 мая 2024 г. на 15 станциях по единой методике нейстонной сетью Манта с рамкой размером 600x150 мм и ячей 335 мкм. Сеть Манта является наиболее распространенным методом отбора проб МП в поверхностных водах (Lusher, et al., 2017; Pasquier et al., 2022), что позволяет сравнить полученные результаты с данными исследований на других водных объектах.

По окончании 15 минутного траления на циркуляции сеть тщательно ополаскивали водой перед сбором содержимого пробы. После подъема сети на борт отсоединяли ее концевую часть и тщательно смывали водой содержимое пробы на стальное сито ячеей 0,25 мм. Собранные пробы фиксировали 4% раствором формалина для подавления активности биоты и хранили при положительной температуре для последующей лабораторной обработки и анализа.

Местоположение станций определяли по GPS. Фактическую дистанцию траления и объем воды, прошедшей через рамку уловистой части сети, определяли по показаниям калиброванного расходомера воды General Oceanic's, установленного в устьевой части сети.

Лабораторную обработку проб, сортировку частиц МП и волокон выполняли в лабораторных халатах из 100 % хлопка без пластиковых волокон аналогично методам, адаптированным к особенностям лабораторной базы ВНИРО (Колончин, Педченко, Беляев, 2023), в несколько этапов: плотностное разделение методом флотации, фильтрование, очистка проб от органического материала, визуальное с использованием микроскопии определение морфологии образцов (волокна, фрагменты, пеллеты, пленки), в соответствии с рекомендациями (Lusher, et al., 2020), а также их линейных размеров, цвета и массы. Химическая идентификация полимерной композиции выделенных частиц выполнена на базе Политехнического института Дальневосточного федерального университета с использованием методов инфракрасной микроскопии (ИК) и методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) на ИК-спектрофотометре IRTreaser-100 с приставкой НПВО (нарушенное полное внутренне отражение) Quest горизонтального типа. Каждый спектр сравнивался автоматически со встроенными библиотеками.

Оценку микропластикового загрязнения *in situ* определяли по количеству частиц МП на площадь траления (единиц/км²), и единицу объема (единиц/м³), рассчитанного для верхнего 15 см слоя воды. Аналогично определяли концентрацию синтетических волокон.

Реки являются главным источником поступления воды в озеро Ильмень, который составляет 90 % от общего объема прихода. Высокий коэффициент внешнего водообмена - 4.8, то есть в среднем вода в озере меняется 4-5 раз в год, предопределяет относительно невысокую инерционность в колебаниях уровня озера (Мякишева, 2009).

Уровень воды в озере по данным гп. Корыстынь (<https://allrivers.info/gauge/ilmen-korostyn>) в дни отбора проб (24.05-25.05) составлял 536 см, что выше среднего значения за последние 4 года (494 см) и превышал отметку неблагоприятного явления (<https://www.meteorf.gov.ru/press/polovod2024/37693/>). Температура воздуха в дневные часы изменялась от 16 до 24 °C при среднем значении близком к +22 °C. Осадки за период работ не наблюдались. С 23 по 25 мая над акваторией работ доминировали ветра южных направлений скоростью не более 3 м/с, порывами в отдельные часы до 5,6 м/с (<https://goodmeteo.ru/pogoda-voytsy-novgorodskiy-novgorodskaya/mesiac/5/>).

Результаты лабораторной обработки проб воды, собранных на акватории озера Ильмень, показали наличие загрязняющих материалов на 14 станциях, они не были

выявлены только на станции №12. Встречаемость фрагментов загрязняющих материалов в пробах воды составила 94,6 %, волокон – 5,4 %. В составе фрагментов отмечали органические материалы (текстиль, ферменты, и прочее), встречаемость которых составила 60,0 %, синтетические / полусинтетические материалы (смолы, фталаты, целлюлоза, пластик), химические соединения (ферменты и лекарственные препараты) в совокупности составили – 40,0 %. Волокна были представлены преимущественно полиэтиленом высокой плотности и обнаружены единично на станциях 2 и 11. Положение точек, где в пробах воды были зарегистрированы МП и синтетические волокна представлено на рис. 1.



Рисунок 1. Места обнаружения микропластика и синтетических волокон в воде (белые точки) на акватории наблюдений 24-25 мая 2024 г.

В результате химического анализа частиц из проб воды выделено 8 фрагментов МП, которые были идентифицированы как полиэтилен низкой плотности (LDPE), полистирол (PS), диэтилфталат (DOP). Фрагменты МП присутствовали единично на станциях №№ 1 (LDPE – 1 шт.), 8 (LDPE – 2 шт.), 9 (DOP – 1 шт.) и 11 (LDPE – 3 шт., PS – 1 шт.). Наибольшее их количество, зарегистрировано в юго-западной части озера, вблизи устьевых участков рек Шелонь и Веряжа. Единично МП и синтетические волокна зарегистрированы в реке Волхов, в черте города Великий Новгород и устьевой его части.

В пробах воды озера Ильмень не обнаружены частицы полипропилена (PP), которые регистрировали вместе с полиэтиленом (PE) и полистиролом (PS) в канадских озерах Эри, Онтарио и Симко (Mason, et al., 2020; Felismino, et al., 2020), озерах штата Минесота (Conowall, et al., 2023), финском озере Каллавеси (Uurasjarvi, et al., 2020) и швейцарских озерах (Faure, et al., 2015). Также в пробах озерной воды отмечена большая доля органических загрязнителей чем антропогенных, и незначительная доля синтетических волокон, что не типично для большинства водных объектов стран Западной Европы и Северной Америки.

По результатам предварительного анализа, линейные размеры фрагментов загрязняющих материалов, выделенных из проб воды, изменились от 1,9 до 19,0 мм, при среднем значении $5,5 \pm 4,0$ мм (рис. 2).

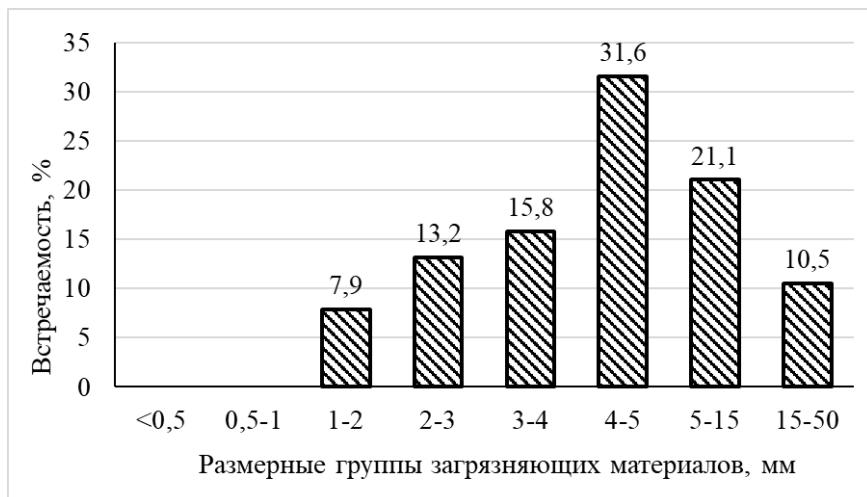


Рисунок 2. Вариация линейных размеров загрязняющих материалов на поверхности воды озера Ильмень в 2024 г.

Линейные размеры МП варьировали от 2,0 до 4,5 мм, фрагменты мезопластика (размером 6,3; 9,0 и 18,1 мм) были отмечены на двух станциях №№ 8 и 11, в районе устья р. Шелонь. Эти результаты следует рассматривать как предварительные, поскольку после очистки проб от органического материала, количество и размерный ряд обнаруженных фрагментов может расширяться за счет выявления в них более мелких образцов.

Средняя дистанция тралений, вычисленная по расходомеру, составила 836 м, средний объем профильтрованной воды через рамку сети составил 75,3 м³. Среднее значение концентрации (единиц/м³) и массового содержания (мкг/м³) фрагментов МП в пробах поверхностных вод озера Ильмень составили 0,03 ед./м³ и 1,2 мкг/м³, соответственно, и были значительно ниже аналогичных показателей в континентальных водных объектах других стран. Например, результаты сборов проб воды аналогичными методами с использованием сети Манта 330 мкм выявили концентрации МП в озере Симко (Канада) равные 0,4 ед./м³ (Felismino, et al., 2019), в озере Каллавеси (Финляндия) – 0,27 ед./м³ (Uurasjarvi, et al., 2016).

Таким образом, состав загрязняющих материалов в воде озера Ильмень был представлен материалами органического происхождения (56,8 %), МП (21,6 %), синтетическими/полусинтетическими материалами (8,1 %), химическими соединениями и ферментами (8,1 %), синтетическими волокнами (5,4 %). Выявленное содержания МП в поверхностных водах озера Ильмень было значительно ниже по сравнению с его концентрациями в континентальных водоемах других стран. Можно предположить, что потенциальным источником пластикового загрязнения являются сточные воды близлежащих населенных пунктов, которые с речным стоком выносятся в озеро Ильмень. При благоприятных условиях сбора проб (отсутствие дождей, малые скорости ветра южных направлений), загрязнение вод озера в результате выпадения осадков или атмосферного переноса частиц МП маловероятно.

Список литературы

- Бойцов В.Д., Несветова Г.И. Условия среды и уловы рыбы в озере Ильмень: изменчивость, сопряженность, прогнозирование. Великий Новгород: ТПК «Печатный двор», 2017. 274 с.
- Колончин К.В., Педченко А.П., Беляев В.А. Исследования содержания микропластика в воде и промысловых рыбах: от научного поиска к масштабному мониторингу // Труды ВНИРО. 2023. Т. 193. С. 162-173. DOI:10.36038/2307-3497-2023-193-162-173.
- Мякишева Н.В. Многокритериальная классификация озер. СПб.: РГГМУ, 2009. 160 с.
- Об экологических проблемах Северо-Запада России // Решение НПК «Экологические проблемы Северо-Запада России» Петрозаводск, 21-22 февраля 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://biodiversity.ru/news/forum/2015/Petrozavodsk_21-22_02_2015.pdf

5. Anderson P.J., S. Warrack, V. Langen, J.K. Challis, M.L. Hanson and M.D. Rennie. Microplastic contamination in Lake Winnipeg, Canada. *Environ. Pollut.* 2017. Vol. 225. P. 223-231.
6. Bucci K, Tilio M, Rochman CM. What is known and unknown about the effects of plastic pollution: a meta-analysis and systematic review // *Ecol Appl.* 2020. Vol. 30(2). e02044.
7. Conowall P., Schreiner K.M., Minor E.C., Schoenebeck C.W. Variability of microplastic loading and retention in four inland lakes in Minnesota, USA // *Environmental Pollution.* 2023. Vol. 321. 121573. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121573>.
8. Du, Sen & Zhu, Rongwen & Cai, Yujie & Xu, Ning & Yap, Pow Seng & Zhang, Yunhai & 何, 益得 & Zhang, Yongjun. Environmental fate and impacts of microplastics in aquatic ecosystems: A review. *RSC Advances.* 2021. Vol. 11. 15762-15784. DOI:10.1039/D1RA00880C.
9. Faure F., Demars C., Wieser O., Kunzand M., DAlencastro L.F. Plastic pollution in Swiss surface waters: Nature and concentrations, interaction with pollutants // *Environ. Chem.* 2015. Vol. 12. P. 582-91.
10. Felismino M.E.L., Helm P.A., Rochman C.M. Microplastic and other anthropogenic microparticles in water and sediments of Lake Simcoe // *Journal of Great Lakes Research.* <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.10.007>.
11. Frias J.P.G.L., Nash R. Microplastics: Finding a Consensus on the Definition. *Mar. Pollut. Bull.* 2019. Vol. 138. C. 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
12. Lusher A., Bråte I. L. N., Munno K., Hurley R., Welden, N. EXPRESS: is it or isn't it: the importance of visual classification in microplastic characterization // *Appl. Spectrosc.* 2020. P. 74. 0003702820930733 (2020).
13. Lusher A.L., Hollman P.C.H., Mendoza-Hill J.J. Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper.* No. 615. Rome, Italy. 2017.
14. Mason SA, J Daily, G Aleid, R Ricotta, M Smith, K Donnelly, R Knauff, W Edwards and MJ Hoffman. High levels of pelagic plastic pollution within the surface waters of Lakes Erie and Ontario // *J. Great Lakes Res.* 2020. Vol. 46. P. 277-88.
15. PAME. Desktop Study on Marine Litter including Microplastics in the Arctic. 2019.
16. Pasquier et al. Manta Net: The Golden Method for Sampling Surface Water Microplastics in Aquatic Environments // *Frontiers in Environmental Science.* 2022. Vol. 10. DOI: 10.3389/fenvs.2022.811112
17. Uurasjarvi E., Hartikainen S., Setala O., Lehtiniemi M., Koistinen A. Microplastic concentrations, size distribution, and polymer types in the surface waters of a northern European lake // *Water Environ. Res.* 2020. Vol. 92. P. 149-56.