

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК: 574

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-71-13

EDN: MZAZZY

**Загрязнение микропластиком озёр национального парка «Валдайский»,
используемых в рыбохозяйственных целях**

Злата Геннадьевна Каурова¹, Ульяна Романовна Сычёва²

^{1,2} Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

¹ bzlata@mail.ru

² ul_sycheva@mail.ru

Аннотация. Рассматривается загрязнение ряда озёр, расположенных на ООПТ и используемых в рыбохозяйственных целях, микро- и макропластиком. Исследовались озера национального парка «Валдайский». В результате рекогносцировочных исследований частицы микропластика обнаружены в озере Долотцо, подвергающемся антропогенной и рыбохозяйственной нагрузке и используемом в рекреационных целях. В озёрах Большое и Малое Яичко заповедной зоны загрязнение полимерными микрочастицами обнаружено в меньшей степени. Основные выделяемые нами опасности загрязнения вод микропластиком – биоаккумуляция гидробионтами, деградация уникальных природных сообществ.

Ключевые слова: микропластик, пресные водоёмы, озера, биоаккумуляция, загрязнение водной среды, особо охраняемые природные территории, национальный парк «Валдайский»

Благодарности: выражаем особую благодарность национальному парку «Валдайский» за предоставление площадки и содействия в исследованиях.

Для цитирования: Каурова З. Г., Сычёва У. Р. Загрязнение микропластиком озёр национального парка «Валдайский», используемых в рыбохозяйственных целях // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 71, № 1. С. 124–129.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Microplastic pollution of lakes of the Valdai National Park used for fishery purposes

Zlata G. Kaurova¹, Ulyana R. Sycheva²

^{1,2} St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

¹ bzlata@mail.ru

² ul_sycheva@mail.ru

Abstract. The article examines the pollution of a number of lakes located in protected areas and used for fisheries purposes with micro- and macroplastics. Lakes of the Valdai National Park were explored. As a result of reconnaissance studies, microplastic particles were found in Lake Dolotzo, which is subjected to anthropogenic and fisheries stress and used for recreational purposes. In the lakes of the Large and Small Testicles of the protected area, contamination with polymer microparticles was found to a lesser extent. The main dangers of water pollution with microplastics identified by us are bioaccumulation by hydrobionts, degradation of unique natural communities.

Keywords: microplastics, freshwater reservoirs, lakes, bioaccumulation, pollution of the aquatic environment, specially protected natural areas, Valdai National Park

Acknowledgments: we would like to express our special gratitude to the Valdai National Park for providing a platform and assistance in research.

For citation: Каурова З. Г., Сычева У. Р. Микропластиковое загрязнение озер в Национальном парке Валдайского заповедника. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025; 71(1): 124–129. (In Russ.).

Введение

Одним из самых распространённых типов твёрдых бытовых отходов (ТБО) в Российской Федерации являются полимеры в составе упаковок, строительных материалов, пластиковой тары [5]. По различным источникам в год образуется около 750 тыс. т пластиковых отходов, 10 % из которых попадает в Мировой океан, в том числе и в пресноводные водоёмы. В воде пластиковые отходы подвергаются воздействию гидролиза, ультрафиолетового излучения, физической деформации, микробиологическим процессам – эти физико-химические воздействия приводят к образованию частиц микропластика [2]. Микропластиком принято считать любой тип фрагмента синтетического полимера до 5 мм [4, 6].

В настоящее время имеются подтвержденные данные о том, что микрочастицы полимеров были обнаружены в организмах различных гидробионтов: моллюсков, морских членистоногих, рыб, птиц, морских млекопитающих. Чаще всего микропластик попадает в организм гидробионтов путем прямого поглощения, поскольку маленький размер частиц делает его практически не отличимым от планктонных организмов и невозможным к самостоятельному удалению из организмов животных-фильтраторов. Время присутствия в организме частиц микропластика зависит от размера и формы самих частиц. Было выяснено, что частицы меньшего размера находятся в организме дольше. Время присутствия различается в зависимости от вида животного и ещё изучено недостаточно, однако было установлено, что микрочастицы полимеров остаются в организме мидий до 48 дней, крабов – менее 21 дня, лобстеров – более 24 ч.

В организме рыб микропластик размером 3–5 мм проходит через пищеварительную систему и выводится с экскрементами. Частицы нанопластика (размером менее 600 нм) способны вызывать в организме воспаление, оксидативный стресс и нарушение метаболизма [3].

Было задокументировано присутствие микропластика в организмах околотовтных птиц и морских млекопитающих. Предположительно, микропластик мог попасть в их организм непосредственно из водной толщи в процессе добычи пищи или вместе с пищей – рыбой, уже содержащей в себе микропластик.

На данный момент фрагменты синтетических полимеров обнаруживаются практически во всех морях, омывающих границы Российской Федерации, в Онежском и Ладожском озёрах, во многих реках и озёрах Сибири, в Байкале. [4] Микропластиковое загрязнение затрагивает практически не используемые человеком участки Арктического региона, а также районы особо охраняемых территорий с различным охраняемым режимом. Повсеместное распространение микропластика заставляет задуматься о необходимости обнаружения частиц полимеров и контроле их уровня. Особенно важно это на территориях биосферных резерватов, основными

задачами которых являются сохранение биологического разнообразия и оценка фонового состояния биосферы. Одним из таких биосферных резерватов является НП «Валдайский». В аквальных комплексах на территории национального парка обитает около сорока видов рыб. В озёрах наиболее часто встречаются окунь, судак, лещ, плотва, обыкновенная щука, налим и редкие в средних широтах сиговые: европейская ряпуга и снеток. В водах озер Валдайской возвышенности в границах парка обитает ряд исчезающих видов, например, занесённые в Красную книгу России ручьевая форель, обыкновенный подкаменщик, в Красную книгу Новгородской области ручьевая минога, европейский хариус. Озёра рекреационной и хозяйственной зон НП «Валдайский» широко используются в рыбохозяйственных целях, на территории национального парка активную деятельность ведёт Никольский рыбозавод им. В. П. Врасского и несколько малых рыбозаводных предприятий. Наличие пластикового загрязнения может негативно сказаться на состоянии ихтиобионтов. Микропластик в водоёмах заповедной зоны означает, что уместно говорить о фоновом загрязнении микропластиком и учитывать его при определении накопленного экологического вреда в озёрах рыбохозяйственного назначения [3].

Объекты и методы исследований

В 2024 г. в акваториях национального парка «Валдайский» проводились рекогносцировочные исследования, целью которых являлось выявление и уточнение количественного и качественного содержания частиц микропластика в озёрах заповедной, рекреационной и хозяйственной зон. Исследования проводились на озёрах Большое Яичко, Малое Яичко и Долотцо, испытывающих разную степень антропогенной нагрузки. Озеро Малое Яичко расположено в заповедной, наиболее охраняемой зоне парка. Озеро Большое Яичко расположено на границе охранной и хозяйственной зон, озеро Долотцо находится в хозяйственной зоне и активно используется в рекреационных и рыбохозяйственных целях. Кроме того, воды этих озёр поступают в Велье, что сказывается на качестве воды в нём. Карта расположения водных объектов на территории национального парка «Валдайский» представлено на рисунке.



Расположение изучаемых водоёмов на территории национального парка «Валдайский».

Составлено авторами

The location of the studied reservoirs on the territory of the Valdai National Park.

Compiled by the authors

Отбор проб осуществлялся с горизонта 0,5–1 м с использованием шёлковой планктонной количественной сети Джели с размером ячеек 0.34 мм, обработка велась согласно рекомендациям NOAA [7], хранение проб регулировалось ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [1]. Фильтрация проб осуществлялась последовательно на фильтрах «Белая

лента» и «Синяя лента». Фильтры просматривались целиком на световом микроскопе МБИ-2, при увеличении X40.

Гидрохимический анализ отобранных проб проводился с использованием титриметрических и фотоколориметрических методов с использованием специализированных тест-систем.

Результаты

Гидрохимические показатели качества воды данных озёр в большинстве проб находятся ниже предельно допустимых концентраций веществ водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения (таблица). Что говорит об их относительной чистоте.

Гидрохимические исследования воды озёр национального парка «Валдайский» Hydrochemical studies of lake waters in the Valdai National Park

Точка отбора	pH	O ₂	NH ₄ ⁺ / NH ₃	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiO ₃	Fe	Cu	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Малое Яичко	6,0	4 мг/л	–	–	–	0,5 мг/л	–	–	115,2 мг/л	19,52 мг/л
Большое Яичко	4,5	4 мг/л	–	–	–	0,25 мг/л	0,3 мг/л	–	153,6 мг/л	21,3 мг/л
Долотцо контроль	6,0	4,0 мг/л	0,006 мг/л	–	–	0,25 мг/л	0,3 мг/л	–	53,76 мг/л	19,52 мг/л
Долотцо деревня	6,5	4,5 мг/л	0,006 мг/л	–	–	0,75 мг/л	0,1 мг/л	–	222,72 мг/л	17,75 мг/л

Частицы микропластика были обнаружены в разных количествах во всех пробах селитебной и заповедной зон. Наименьшее содержание частиц микропластика в озёрах Большое (12,08 ед./л) и Малое Яичко (10,08 ед./л) связано с нахождением в заповедной зоне, труднодоступностью, удалённостью от рекреационной и селитебной зон. Данные озёра являются сфагновыми, вследствие чего для них характерно удержание и накопление микропластика на поверхности растений. Точки отбора проб на озере Долотцо находились в 1–1,5 м от берега в зарослях водных растений, с чем связано его более высокое загрязнение. В районе жилой застройки на побережье Долотца концентрация микропластика составила 84,7 ед./л, что в 8,4 раза выше, чем в озере Малое Яичко, и 42,7 ед./л в контрольной зоне в неосвоенной части озера, это в 4,2 раза выше, чем в озере Малое Яичко.

В системе озёр Большое Яичко – Малое Яичко – Долотцо среди всех обнаруженных частиц преобладала нитевидная форма фрагментов микропластика (75,6 % всех частиц). Нитевидные формы в большей степени, чем гранулообразные и фрагменты неправильной формы, концентрируются в зарослях высшей водной растительности. Гранулообразные фрагменты составили долю в 19,9 %, их относительно небольшая концентрация может объясняться погружением гранулообразных частиц в придонные горизонты в составе биоплёнок. Наименее распространённой формой являлись плёнки (4,5 %).

Был также произведён анализ распределения микропластика по цвету. Среди нитевидных фрагментов составили большую долю (68 %), что может являться свидетельством их происхождения – упаковочный материал, тары, рыбохозяйственная оснастка. Среди гранулообразных фрагментов преобладают чёрные частицы (78 %), источником которых могут являться автомобильные покрышки, и белые (20 %), являющиеся предположительно продуктами разложения одноразовой упаковки. Среди плёнок наиболее часто встречаются бесцветные фрагменты (80 %), потенциально являющиеся результатом разложения полиэтилена. Большая

часть частиц в озерах Малое и Большое Яичко относились к фракции мелкого микропластика (от 0,33 до 1 мм). Таких фрагментов в озере Малое Яичко было 93 %, в озере Большое Яичко – 89 %, что косвенно свидетельствует о том, что основным путем поступления полимерных частиц в воду является атмосферный перенос. В озере Долотцо количество крупной фракции микропластика (до 5 мм) возросло до 36 % в среднем по озеру, микропластиковое загрязнение, вероятно, было комбинированного происхождения (атмосферный перенос и сток с водосбора).

Заключение

Микропластиковое загрязнение является косвенным индикатором общего загрязнения водоемов. В то время как гидрохимический анализ указывает на относительную чистоту водоема, контаминация озёр микрочастицами пластикового мусора свидетельствует о процессе поступления и накопления слабодegradуемых загрязнений в воду. В ходе исследования частицы микропластика были обнаружены во всех исследуемых озёрах в незначительных количествах. Наблюдается прямая зависимость между содержанием частиц пластика и степенью освоённости берегов водоема, однако чёткой зависимости от конкретных гидрохимических показателей обнаружить не удалось.

Опираясь на вклад микропластика различных размерных фракций в пул микропластикового загрязнения воды исследуемых озёр, можно предположить, что на охраняемых акваториях основным источником загрязнения является атмосферный перенос. По мере роста освоённости территории увеличивается доля загрязнителя, поступающая с водосбора, в частности, с селитебных и рекреационных участков, а также с участков, вовлеченных в рыбохозяйственную деятельность. Фрагменты полимеров даже в незначительных количествах способны губительно воздействовать на гидробионтов озёр, вызывая деградацию сообществ аквального комплекса, вымирание популяций промысловых рыб, особо ценных и исчезающих видов, занесённых в Красную книгу Новгородской области.

Полученный национальным парком «Валдайский» в 2004 г. статус международного биосферного резервата ЮНЕСКО предполагает выполнение определенных задач – сбор и представление информации об эталонных фоновых концентрациях основных поступающих в окружающую среду веществ для расчёта ущерба, наносимого деятельностью человека водной среде и водным биологическим ресурсам, а также охрана уникальных природных комплексов. Информация о загрязнении озёр микропластиком полезна для решения обеих задач. Пластиковые частицы в пресноводных водоемах имеют антропогенное происхождение и в норме не должны обнаруживаться в водоемах биосферных резерватов. Необходимо провести масштабные исследования, разработать мероприятия, снижающие контаминацию природных сред пластиком. Для предотвращения загрязнения необходимо внести в правила посещения парка соответствующие правки, связанные с использованием одноразового пластика. Кроме того, для решения проблемы пластикового загрязнения исследуемых озёр и их водосбора необходима просветительская работа с населением, предпринимателями и местными властями.

Список источников

1. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб.
2. Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде : обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // *Океанология*. 2017. № 1(58).
3. Каурова З. Г. Влияние загрязнения воды микропластиком на ихтиофауну малых и средних озёр Новгородской области // *Современные проблемы ихтиологии континентальных водоемов* : тез. докладов Всероссийской конференции с международным участием,

посвящённой 70-летию лаборатории ихтиологии (экологии рыб), 90-летию В. Н. Яковлева и 95-летию А. Г. Поддубного, Борок, 11–15 ноября 2024 г. / Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук; отв. ред. Ю. В. Герасимов. Борок, Ярославская обл. : ИБВВ РАН; Ярославль : Филигрань 2024. С. 42–43. ISBN 978-5-6052860-3-5.

4. Поздняков Ш. Р., Иванова Е. В. Оценка концентраций частиц микропластика в воде и донных отложениях Ладожского озера // Региональная экология. 2018. № 4(54).

5. Твердые бытовые отходы (ТБО) // Комсомольская правда URL: <https://www.kp.ru/family/ecology/tverdye-bytovye-otkhody/> (дата обращения : 20.09.2024).

6. Arthur, Courtney; Baker, Joel; Bamford, Holly. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris // NOAA Technical Memorandum : journal. 2009. January.

7. Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48.2015. 31.

Информация об авторах

З. Г. Каурова – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, экологии и гистологии.

У. Р. Сычёва – студент 2-го курса.

Information about the authors

Z. G. Kaurova – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Histology.

U. R. Sycheva – 2nd year student.

Статья поступила в редакцию 03.12.2024; одобрена после рецензирования 10.02.2025; принята к публикации 17.03.2025.

The article was submitted 03.12.2024; approved after reviewing 10.02.2025; accepted for publication 17.03.2025.