

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА КАЗАНИ

*О. В. Никитин<sup>1</sup>, В. З. Латыпова<sup>1,2</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>3,4</sup>, Р. С. Кузьмин<sup>5</sup>,  
И. И. Харипов<sup>1</sup>, Э. И. Насырова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет, *olnova@mail.ru*

<sup>2</sup> Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, *ecoanrt@yandex.ru*

<sup>3</sup> Вятский государственный университет, *ecolab2@gmail.com*

<sup>4</sup> Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук,

<sup>5</sup> ООО «Экоаудит», *ecotexp@yandex.ru*

В работе обоснована методология и модифицирована методика пробоподготовки донных отложений водных объектов для количественного выделения частиц микропластика и его последующего определения в донных отложениях с погрешностью до 20%. С использованием предложенной методики впервые количественно оценено содержание микропластика в донных отложениях водных объектов города Казани (река Казанка и озеро Средний Кабан).

Ключевые слова: внутригородские водные объекты, донные отложения, микропластик, количество частиц, методика определения.

Одним из важнейших факторов, существенно влияющих на прогрессирующую деградацию внутригородских водных объектов, является качественное изменение твердого стока, поступающего с водосборной территории в водные объекты [1]. Эти изменения связаны в основном с большим количеством мелкодисперсных взвесей техногенного происхождения, в том числе мелкодисперсных частиц микропластика. Пластиковые отходы, претерпевающие процессы физико-химической, микробиологической, механической деградации, являются источником огромного количества микропластика в компонентах окружающей среды, в том числе в компонентах пресноводных экосистем (воде, донных отложениях, телах гидробионтов) [2, 3].

Крайне низка доля работ, посвящённых определению содержания микропластика в донных отложениях водных экосистем [4], особенно пресноводных [2]. Вместе с тем, в процессе миграции и седиментации микрочастицы скапливаются в донных отложениях, и информация об их среднем содержании в данном резервуаре может дать возможность выявления их опасности для бентосных организмов, ведущих процессы самоочищения водных экосистем. В связи с этим анализ используемых методик, их модификация и апробация методик оценки количества частиц микропластика в донных отложениях пресноводных экосистем представляет значительный интерес для создания базы достоверных данных по уровню содержания частиц микропластиков в

различных пресноводных матрицах и выявления их опасности для биотических компонентов водных экосистем.

Целью работы является проведение количественной оценки содержания микропластика в донных отложениях внутригородских водных объектов с использованием модифицированной в работе методики.

Объектом исследования стали донные отложения, отобранные во внутригородских водных объектах г. Казани: р. Казанка (Казанский залив Куйбышевского водохранилища) и озеро Средний Кабан, испытывающих наибольшее воздействие поверхностного стока с территории водосборов [1].

Донные отложения исследуемых водных объектов хорошо изучены [5, 6]. В структуре современных донных отложений Средний Кабан абсолютно доминируют серые илы [5]. Содержание пелитовой фракции ( $< 0,01$  мм), определяющей тип отложений по гранулометрическому составу, в основном варьирует в пределах 30–60%. В структуре отложений Казанского залива Куйбышевского водохранилища доминирующее положение занимают глинистые илы [7].

Отбор проб донных отложений проводили в ходе мониторинга реки Казанки и озера Средний Кабан в октябре 2020 г., испытывающих воздействие поверхностных стоков с территории г. Казань с помощью коробчатого штангового дночерпателя Заболоцкого (поверхностный слой донных отложений глубиной приблизительно 30 см). Координаты точек отбора донных отложений приведены в таблице.

Определение содержания микропластика в исследуемых пробах донных отложений реки Казанки и озера Средний Кабан в районе выпуска поверхностных сточных вод с территории города Казань проводили, используя оптические методы обнаружения частиц, предварительно отделив пробу от самих частиц по модифицированной нами методике на основе работы [7].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ Statistica 10.

*Методология и методика оценки количества частиц микропластика в донных отложениях.* Проведённый в работе сравнительный анализ и экспериментальная апробация используемых в литературе методик [8, 9] определения частиц микропластика в донных отложениях выявили отсутствие детализации методики проведения опытов на каждом из этапов, а многочисленные попытки извлечения микропластика по данным методикам – низкую воспроизводимость количественной оценки частиц микропластика.

В качестве основы методологии оценки содержания микропластика в донных отложениях были выбраны конкретизация всех этапов процедуры выделения частиц микропластика из гетерогенной среды и поиск подходов, состоящих в выборе параметров, условий и технических приёмов, способствующих поэтапному снижению погрешности на каждом из всех этапов процесса в ходе пробоподготовки.

Обоснованная в работе методика оценки количества частиц микропластика (в диапазоне 0,1–0,3 мм) в донных отложениях пресноводных экоси-

стем включает следующие стадии: 1) Высушивание пробы донных отложений до воздушно-сухого состояния. 2) Приготовление водной суспензии донных отложений (1:4) и перенос в делительную воронку. 3) Плотностное разделение гетерогенной среды с использованием раствора NaCl с плотностью 1200 мг/л с целью отделения от пробы неорганической фракции в делительной воронке. 4) Фильтрация жидкой фазы из делительной воронки сито при постоянной температуре. 5) Удаление органической фазы из взвешенного вещества на сите путём его разложения смесью кислот в условиях контролируемого температурного режима в автоматической водяной бане. 6) Микроскопический анализ оставшихся частиц микропластика на поверхности сита.

Специальными опытами по анализу проб донных отложений на количественное содержание частиц микропластика в 3-х кратной повторности по предлагаемой методике было показано, что погрешность результата измерения не превышает 20%.

*Апробация методики.* Предложенная методика определения частиц микропластика в донных отложениях пресноводных экосистем опробована на примере донных отложений внутригородских водных объектов. Экспериментальные результаты количественной оценки содержания частиц микропластика в исследованных объектах приведено в таблице.

*Таблица*

**Содержание частиц микропластика в донных отложениях  
внутригородских водных объектов города Казань**

Объект исследования	Местоположение точек отбора донных отложений и их координаты	Содержание частиц микропластика в донных отложениях (частиц/кг сухого веса)
Река Казанка	Третья транспортная дамба (левый берег), 55°49'26,4"N 49°10'06,8"E	7,3±1
	Кировская дамба (правый берег), 55°47'52,8"N 49°04'39,2"E	4,0±1
	Кировская дамба (левый берег), 55°47'52,0"N 49°04'43,7"E	11,0±2
Озеро Средний Кабан	Выпуск ливневых стоков на озере Средний Кабан, 55°45'21,1"N 49°08'35,6"E	10,0±2

Впервые на основе полевых и лабораторных экспериментальных исследований выявлено наличие микропластика в донных отложениях внутригородских водных объектов города Казани в количествах до 11 частиц/кг. Можно отметить, что найденное количество частиц микропластика меньше значений, которые можно было бы ожидать, учитывая оценённое ранее их содержание в водной толще исследуемых объектов (60–350 частиц/м<sup>3</sup> [10]), но в целом соответствует порядку значений, известных из литературы [11–14].

На конечный результат измерений количества частиц микропластика в донных отложениях могут влиять прямые факторы, связанные с составом

микропластика (в донных отложениях в первую очередь депонируются более тяжёлые виды полимерных материалов). Удельная плотность большинства пластиков находится в пределах от 0,8 до 1,7 г/см<sup>3</sup> (максимальный диапазон – от < 0,05 г/см<sup>3</sup> (пенополистирол) вплоть до 2,1–2,3 г/см<sup>3</sup> (политетрафторэтилен / тефлон) [7]). Могут влиять и косвенные факторы, связанные с морфологией частиц, с гидрологическими характеристиками (более мелкие и легкие частицы имеют меньшую скорость оседания в прибрежье водных объектов, легче сносятся течением) и процедурой пробоподготовки, в процессе которой, для плотностного разделения, чаще всего используют растворы солей NaCl (1,2 г/см<sup>3</sup>), NaBr (1,4 г/см<sup>3</sup>), NaI (1,6 г/см<sup>3</sup>), ZnCl<sub>2</sub> (1,7 г/см<sup>3</sup>) [6], что может найти отражение в составе и количестве обнаруживаемых частиц. Также на конечный результат измерений могут влиять размерные характеристики частиц, выявляемые в ходе анализа, т.к. доля той или иной фракции в донных отложениях может быть различной [15].

В работе обоснована и экспериментально опробована методология исследования микропластика в пресноводных экосистемах. Предложена методика, позволяющая определять в донных отложениях пресноводных экосистем количество частиц микропластика размером от 0,1 до 0,3 мм с погрешностью до 20%. Впервые на основе полевых и лабораторных экспериментальных исследований оценено содержание частиц микропластика (от 4 до 11 частиц/кг) в донных отложениях реки Казанки и озера Средний Кабан, испытывающих воздействие поверхностных стоков с урбанизированной территории.

#### Библиографический список

1. Нагрузка ливневого стока на поверхностные воды внутригородского водотока / Р. Н. Сабанаев, О. В. Никитин, В. З. Латыпова, Н. Ю. Степанова, Д. Е. Лукоянов, О. Г. Яковлева, А. Т. Горшкова, Р. М. Сафиуллин // Вестник технологического университета. 2016. № 19. С. 157–160.
2. Микроскопические частицы синтетических полимеров в пресноводных экосистемах: изученность и современное состояние / О. В. Никитин, В. З. Латыпова, Т. Я. Ашихмина, Р. С. Кузьмин, Э. И. Насырова, И. И. Харипов // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 241–249. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-242-249
3. Кочуров Б. И., Блинова Э. А. Оценка экологических последствий использования полимерных изделий // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 210–215. doi: 10.25750/1995-4301-2020-4-210-215
4. Хансен Р. А., Гросс А. Определение микропластика в прибрежных отложениях моря Каттегат (Дания) // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 75–82. doi: 10.25750/1995-4301-2019-2-075-082
5. Иванов Д. В. Донные отложения озера Средний Кабан города Казани // Георесурсы. 2012. № 7 (49). С. 18–23.
6. Мониторинг донных отложений нижнего течения реки Казанка / Д. В. Иванов, Р. Р. Шагидуллин, И. И. Зиганшин, Э. Е. Паймикина, А. А. Марасов, В. В. Маланин, Р. Р. Хасанов, Л. К. Мустафина // Российский журнал прикладной экологии. 2018. № 2. С. 11–16.
7. Казмирук В. Д. Микропластик в окружающей среде: нарастающая проблема планетарного масштаба. М. : Изд-во Ленанд, 2020. 432 с.

8. Исследование содержания частиц микропластика в воде, донных отложениях и грунтах прибрежной территории Невской губы Финского залива / Ш. Р. Поздняков, Е. В. Иванова, А. В. Гузева, Е. П. Шалунова, К. Д. Мартинсон, Тихонова Д. А. // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 4. С. 411–420. doi: 10.31857/S0321059620040148
9. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов / М. Б. Зобков, Е. Е. Есюкова // Океанология. 2018. № 1. С. 149–157. doi: 10.7868/S0030157418010148
10. Гранулометрический состав и содержание микроскопических частиц синтетических полимеров в пресноводных экосистемах / О. В. Никитин, В. З. Латыпова, Т. Я. Ашихмина, Р. С. Кузьмин, Э. И. Насырова, И. И. Харипов, Л. М. Миннегулова // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 62–67.
11. Сибирцова Е. Н., Темных А. В., Силаков М. И. Контроль микропластикового загрязнения донных отложений рекреационных зон Севастопольского региона // Системы контроля окружающей среды. 2021. № 4 (46). С. 91–101. doi: 10.33075/2220-5861-2021-4-91-101
12. The distribution of microplastics in water, sediment, and fish of the Dafeng River, a remote river in China / S. Liu, H. Chen, J. Wang, L. Su, X. Wang, J. Zhu, W. Lan // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2021. Vol. 228. 113009. doi: 10.1016/j.ecoenv.2021.113009
13. Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources / L. Yang, Y. Zhang, S. Kang, Z. Wang, C. Wu // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 754. 141948. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141948
14. Микропластик в воде и донных отложениях Мешинского залива / Л. С. Кузьмин, К. А. Шевчук, А. Р. Гайсин, Н. Ю. Степанова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : Вятский государственный университет, 2022. С. 260–263.
15. Содержание микропластика в абиотических и биотических компонентах Мешинского залива (Республика Татарстан) / Н. Ю. Степанова, К. А. Шевчук, Л. С. Кузьмин, А. Р. Гайсин // MicroPlasticsEnvironment–2022 (МРЕ–2022) : материалы I Всерос. конф. с междунар. участием по загрязнению окружающей среды микропластиком / под общ. ред. Ю. А. Франк. Томск : Изд-во Томского государственного университета, 2022. С. 38–42.

## **УСТАНОВЛЕНИЕ МАСШТАБОВ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ПРОМПОЩАДКИ БЫВШЕГО ЗАВОДА «ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ» НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*О. Л. Качор, А. В. Паршин, В. В. Трусова, А. В. Курина*  
*Иркутский национальный исследовательский технический университет,*  
*olgakachor@geo.istu.edu*

В статье представлены исследования по установлению масштабов влияния выявленного объекта накопленного вреда – промплощадки бывшего завода «Востсибэлемент» на различные объекты окружающей среды города Свирск. Представлены карты коэффициентов контрастности свинца в снежном фильтрате. Установлено накопление свинца и мышьяка в растительности и донных отложениях.