МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ
I ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ПО ЗАГРЯЗНЕНИЮ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МИКРОПЛАСТИКОМ
«MicroPlasticsEnvironment-2022»
(MPE-2022)

02–06 августа 2022 г.
п. Шира, Хакасия

Общая редакция Ю.А. Франк

Томск
Издательство Томского государственного университета
2022

УДК 504.064.2:504.4.054:574.5
ББК 28
М34

М34 Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком «MicroPlasticsEnvironment-2022» (MPE-2022), 02–06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия / общ. ред. Ю.А. Франк. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2022. – 132 с.

ISBN 978-5-907572-03-4

В сборнике представлены материалы докладов конференции по загрязнению окружающей среды микропластиком.

Рассматриваются распространение, источники загрязнения, поведение, биодоступность и биоаккумуляция частиц микропластика в водной среде и прибрежных зонах, методология изучения микропластика.

Для широкого круга специалистов: экологов, гидрохимиков, гидрофизиков, биологов, токсикологов.

УДК 504.064.2:504.4.054:574.5
ББК 28

Сборник материалов опубликован при финансовой поддержке Программы развития Томского государственного университета (Приоритет-2030).

ISBN 978-5-907572-03-4 © Томский государственный университет, 2022

УДК 574.522+574.64+691.175.746

ВЛИЯНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ *DAPHNIA MAGNA*

О.В. Никитин[1], Э.И. Насырова[1], Р.С. Кузьмин[2], Л.М. Миннегулова[3], В.З. Латыпова[1]

[1] Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия, olnova@mail.ru
[2] ООО «Экоаудит», Казань, Россия, ecotexp@yandex.ru
[3] Центр детского творчества «Танкодром», Казань, Россия, lyalya250505@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты лабораторного моделирования влияния микрочастиц полистирола на *Daphnia magna*. LC_{50} (48 ч) составила 197,35 мг/л или 78,94 мг/л, при учете фракции до 50 мкм. Влияние на морфометрические параметры *D. magna* обнаружено не было. Скорость плавания была максимальной (0,87 см/с) в контрольных условиях. Внесение микропластика в концентрациях 50, 125 и 200 мг/л существенно (на ~43%) снизило скорость плавания дафний. Трофическая активность (96% в контрольных условиях) понижалась при внесении микропластика, достигая 19% при максимальной концентрации.
Ключевые слова: микропластик, полистирол, *Daphnia magna*, токсичность, морфофункциональные показатели

Исследования последних лет показали, что частицы микропластика широко распространены в поверхностных водах и донных отложениях в различных пресноводных экосистемах [1–3]. Частицы могут оказывать комплексное негативное воздействие, включая механизмы физического и химического действия [4]. Учитывая уникальные свойства микропластика (малый размер и большая удельная площадь поверхности), следует уделить больше внимания их воздействию на организмы. В недавних исследованиях сообщалось о токсичности микропластика для пресноводных организмов [5], но знания об их биологическом воздействии ограничены, противоречивы и требуют дальнейших исследований [6].

В данной работе мы исследовали влияние частиц микропластика на морфофункциональные показатели *Daphnia magna* Straus, 1820 (выживаемость, размерные характеристики, двигательная и трофическая активность). Дафнии имеют небольшой размер тела, широкое географи-

ческое распространение и являются одним из ключевых элементов пресноводных сообществ гидробионтов. *D. magna* – неселективный фильтратор, в естественных условиях находится в толще воды и может поглощать частицы микропластика вместе со своим основным питанием (фитопланктоном).

Полистирол является одним из наиболее часто используемых пластиковых полимеров во всем мире [1]. Также именно полистирол в настоящее время является доминирующим полимером при проведении экотоксикологических экспериментов [7].

Методы исследования. Для экспериментов использовали лабораторную культуру *D. magna*, выращиваемую в соответствии с ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12–06. Эксперименты проводили в условиях лабораторного моделирования.

Измерения линейных размеров особей *D. magna* проводили при помощи светового микроскопа Биомед-5 с использованием окулярного микрометра.

Оценку токсичности микрочастиц полистирола проводили в остром опыте (48 ч) по смертности *D. magna*. Для оценки LC_{50} использовали пробит-анализ зависимости доза-эффект при помощи программы MedCalc 20.

Оценку влияния частиц полистирола на двигательную активность *D. magna* осуществляли через 24 ч по изменению скорости плавания организмов, при помощи анализатора токсичности TrackTox, реализующего алгоритмы компьютерного зрения [8].

Оценку трофической активности дафний проводили по степени снижения концентрации корма в среде с рачками при 24 ч экспозиции (по флуоресценции клеток водорослей *Chlorella vulgaris*, на приборе Фотон-10). Показатели трофической активности рассчитывали по формуле [9].

Статистическую обработку данных производили при помощи программы Statistica 12.

В экспериментах использовался пищевой полистирол, измельченный до микроскопических размеров. Размерные характеристики полученных частиц микропластика были установлены при помощи лазерного дифракционного анализатора размера частиц Hydro 2000S. Химический анализ, подтверждающий отнесение частиц к полистиролу, выполнен на ИК-Фурье спектрометре FT-801.

Была выполнена серия экспериментов с частицами микрочастиц полистирола (размеры частиц: ~5% < 10 мкм, ~40% < 50 мкм, ~75% < 100 мкм), доступными для поглощения дафниями.

Результаты. В остром токсикологическом эксперименте исследовали влияние частиц в концентрациях: 0 (контроль), 10, 50, 125 и 200 мг/л. Полученные данные по выживаемости дафний на вторые сутки позволили определить полулетальную концентрацию LC_{50} для микрочастиц полистирола, составившую 197,35 мг/л, с границами 95% доверительного интервала (ДИ) 163,10–259,98 мг/л. Если принять во внимание, что дафнии преимущественно поглощают пищевые частицы в размерном диапазоне до 50 мкм [10], можно скорректировать указанные значения LC_{50}: 78,94 мг/л (95% ДИ: 65,32–103,99 мг/л). Полученные значения согласуются с порядком соответствующих величин для полимерных микрочастиц, известных из литературы [4, 11].

Измерение линейных размеров дафний после 48 ч экспозиции в средах с концентрациями микропластика: 0 (контроль), 10, 50, 125 и 200 мг/л не выявило влияния микропластика на морфометрические параметры – размер особей дафний во всех концентрациях сохранялся постоянным и в среднем составлял 1,75±0,01 мм. По-видимому, решение этой задачи требует бóльшего времени экспозиции.

Эксперименты по оценке влияния частиц полистирола на двигательную активность дафний показали, что скорость плавания была максимальной в контрольных условиях, в среднем составляя 0,87±0,10 см/с. Внесение в среду частиц микропластика в концентрациях 50, 125 и 200 мг/л статистически значимо снизило (на ~44%, $p < 0{,}01$) скорость плавания дафний. Средняя скорость плавания в этих условиях составляла 0,50±0,05, 0,46±0,04 и 0,50±0,04 см/с соответственно. Значимых различий по скорости плавания дафний в контрольных условиях и при наличии частиц микропластика в концентрации 10 мг/л не наблюдалось.

Негативное влияние на двигательную активность, возможно, связано с адгезией частиц микропластика на органах локомоции и поверхности карапакса дафний (отмечалось в ходе микроскопирования), что могло приводить к бóльшему сопротивлению воды при их движении.

Эксперименты по оценке влияния микрочастиц полистирола на трофическую активность дафний проводили в концентрациях 0 (контроль), 10, 50 и 200 мг/л. При 24 ч экспозиции трофическая активность дафний составляла 96%, т.е. дафнии практически полностью выедали водоросль из культуральной среды. В эксперименте с микропластиком в концентрации 50 мг/л трофическая активность снижалась незначительно и составляла 86%, а при концентрации 200 мг/л снижалась существенно (примерно в 5 раз) – до 19%.

Снижение трофической активности можно связать с тем, что частицы микропластика поступают в пищеварительную систему дафний

и тем сильнее, чем выше их концентрация в среде. Микропластик при высоких концентрациях в среде может приводить к замещению водорослевых клеток преимущественно частицами полистирола в пищеварительной системе дафний.

Таким образом, наша гипотеза о том, что частицы микропластика полистирола могут влиять на морфофункциональные показатели *D. magna*, в целом нашла экспериментальное подтверждение. В ходе выполненных исследований показано значимое влияние частиц полистирола микроскопического размера на рассматриваемые показатели *D. magna* – выживаемость, двигательную и трофическую активность. Безусловно, лабораторные исследования биологического воздействия микропластика на дафний не позволяют в полной мере предсказать реакции в естественных условиях, однако могут позволить лучше понять возможные механизмы воздействия.

Список источников

1. Koelmans A.A., Mohamed Nor N.H., Hermsen E., Kooi M., Mintenig S.M., De France J. Microplastics in freshwaters and drinking water: critical review and assessment of data quality // Water Research. 2019. V. 155. P. 410–422.
2. Никитин О.В., Латыпова В.З., Ашихмина Т.Я., Кузьмин Р.С., Насырова Э.И., Харипов И.И. Микроскопические частицы синтетических полимеров в пресноводных экосистемах: изученность и современное состояние // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 216–222.
3. Frank Y.A., Vorobiev E.D., Vorobiev D.S., Trifonov A.A., Antsiferov D.V., Hunter T.S., Wilson S.P., Strezov V. Preliminary screening for microplastic concentrations in the surface water of the Ob and Tom rivers in Siberia, Russia // Sustainability (Switzerland). 2021. V. 13. P. 1–14.
4. da Costa J.P., Duarte A.C., Rocha-Santos T.A.P. Microplastics – occurrence, fate and behaviour in the environment // Comprehensive Analytical Chemistry. 2017. V. 75. P. 1–24.
5. Liu Z., Yu P., Cai M., Wu D., Zhang M., Huang Y., Zhao Y. Polystyrene nanoplastic exposure induces immobilization, reproduction, and stress defense in the freshwater cladoceran Daphnia pulex // Chemosphere. 2019. V. 215. P. 74–81.
6. Chae Y., An Y.-J. Effects of micro- and nanoplastics on aquatic ecosystems: current research trends and perspectives // Marine Pollution Bulletin. 2017. V. 124. P. 624–632.
7. Schwarzer M., Brehm J., Vollmer M., Scheibel T., Laforsch C. Shape, size, and polymer dependent effects of microplastics on Daphnia magna // Journal of Hazardous Materials. 2022. V. 426. 128136.
8. Nikitin O. Aqueous medium toxicity assessment by Daphnia magna swimming activity change // Advances in Environmental Biology. 2014. Vol. 8(13). P. 74–78.

9. Shashkova T.L., Grigor'ev Y.S. Impact of heavy metals on the trophic activity of daphnia depending on feeding conditions and age of crustaceans // Contemporary Problems of Ecology. 2013. V. 6. P. 662–666.
10. Ebert D. Ecology, epidemiology, and evolution of parasitism in Daphnia. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US). // National Center for Biotechnology Information. 2005. P. 7.
11. Eltemsah Y.S., Bøhn, T. Acute and chronic effects of polystyrene microplastics on juvenile and adult Daphnia magna // Environmental Pollution. 2019. V. 254. 112919.

EFFECTS OF POLYSTYRENE MICROPARTICLES ON THE MORPHOFUNCTIONAL PARAMETERS OF *DAPHNIA MAGNA*

O.V. Nikitin[1], E.I. Nasyrova[1], R.S. Kuzmin[2], L.M. Minnegulova[3], V.Z. Latypova[1]

[1] Kazan Federal University (Kazan, Russia), olnova@mail.ru
[2] Ecoaudit LLC (Kazan, Russia), ecotexp@yandex.ru
[3] Center for Children's Creativity "Tankodrom" (Kazan, Russia), lyalya250505@mail.ru

Abstract. The results of laboratory modeling of the effect of polystyrene microparticles on Daphnia magna are presented. LC_{50} (48 h) was 197.35 mg/L or 78.94 mg/L, taking into account the fraction up to 50 µm. No effect on the morphometric parameters of D. magna was found. Swimming speed was maximum (0.87 cm/s) under control conditions. The addition of microplastics at concentrations of 50, 125, and 200 mg/L significantly (by ~43%) reduced the swimming speed of Daphnia. Trophic activity (96% under control conditions) decreased with the addition of microplastics, reaching 19% at the maximum concentration.
Keywords: microplastics, polystyrene, Daphnia magna, toxicity, morphofunctional parameters