

8. Товстик Е. В., Широких А. А., Широких И. Г. Микробные сообщества прикорневой зоны борщевика Сосновского // Вестник современных исследований. 2018. № 10.7 (25). С. 181–186.
9. Киреева Н. Е., Кувардин Н. В. Проблема распространения борщевика Сосновского и способы борьбы с ним // Будущее науки – 2022 : сб. науч. статей 10-й Междунар. молодежной науч. конф. Т. 4. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 289–292.
10. Шкляревская О. А. Нормы внесения гербицида Магнум в борьбе с борщевиком Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) // Земледелие и растениеводство. 2017. № 5. С. 34–37.
11. Шкляревская О. А. Экономическая эффективность механических и химических методов борьбы с борщевиком Сосновского // Защита растений. 2019. № 43. С. 120–127.
12. Берестецкий А. О. Перспективы разработки биологических и биорациональных гербицидов // Вестник защиты растений. 2017. № 1 (91). С. 5–12.
13. Способ защиты земель от распространения борщевика Сосновского / Д. А. Шаповалов, Н. А. Озерова, М. Г. Кривошеина, А. Л. Озеров, В. А. Широкова, А. О. Хуторова, А. А. Озерова // Патент РФ № 2750754 от 02.07.2021.
14. Экологические способы борьбы с инвазивным видом борщевиком Сосновского / Н. Н. Семчук, О. В. Балун, С. Н. Гладких, А. Н. Переконский // Агрэкоинженерия. 2022. № 4 (113). С. 104–114.
15. Рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского в личных подсобных хозяйствах (в редакции от 01.03.2022 г). СПб. : Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Ленинградской области. 2022. 2 с.
16. Результаты исследования воздействия излучателя ИСЧ-19 на свойства почвы при угнетении борщевика Сосновского / А. В. Кудрявцев, И. С. Калинин, Ш. М. Бабаев, В. В. Голубев // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. № 1 (42). Т. 68. С. 99–104. doi: 10.22314/2658-4859-2021-68-1-99-104

ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ МИКРОЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛА И ДИОКСИДА ТИТАНА ПО ВЫЖИВАЕМОСТИ *DAPHNIA MAGNA*

Э. И. Насырова¹, О. В. Никитин¹, В. З. Латыпова^{1,2}
¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет,
naselvira@mail.ru, olnova@mail.ru,
² Институт проблем экологии и недропользования АН РТ,
escoanrt@yandex.ru

В работе представлены результаты исследования острой токсичности микрочастиц полистирола, нано- и микрочастиц диоксида титана по выживаемости *Daphnia magna* и визуальной оценке содержания данных частиц в пищеварительном тракте тест-объекта.

Ключевые слова: микропластик, наночастицы, токсичность, зоопланктон.

Внимание к проблеме повсеместного присутствия нано- и микроразмерных частиц в поверхностных водных объектах увеличивается с каждым

годом, соответственно растет и количество научных исследований, связанных с изучением влияния данных загрязняющих веществ на живые организмы [1]. Попадающие внутрь гидробионтов частицы способны оказывать негативное воздействие физиологического, биохимического и механического характера. Одним из предметов пристального изучения является специфика воздействия микропластика [2], а также наноматериалов на пищеварительную систему водных организмов [3]. Сведения, имеющиеся в научных публикациях, о реакциях животных на заглатывание частиц различаются, поскольку специфика воздействия может зависеть от типа материала, размера фракций или концентрации. Один из широко распространенных видов *Daphnia magna* обитает в пресноводных водоемах и является важным компонентом трофических систем, а также часто используемым модельным организмом в экотоксикологических исследованиях [4]. Питаются дафнии фитопланктоном, который попадает в ротовое отверстие в процессе фильтрации тока воды.

Цель работы – оценка острой токсичности микрочастиц полистирола, нано- и микрочастиц диоксида титана по выживаемости *D. magna* и содержания этих частиц в их пищеварительном тракте.

В работе было исследовано влияние микрочастиц полистирола и нано-частиц диоксида титана (TiO_2) посредством оценки их острой токсичности у планктонных ракообразных *D. magna* Straus в течение 48 часов в соответствии с ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06. Регистрацию смертности рачков осуществляли как в контрольных, так и в опытных условиях каждые 24 часа после начала экспозиции в шести повторностях.

Микропластик был получен путем измельчения пищевого полистирола и пропущен через металлическое сито с размером ячеек 100 мкм. В эксперименте были применены частицы микрополистирола с концентрациями 10, 50, 125 и 200 мг/л. Частицы TiO_2 были приобретены в розничной продаже (в виде белого пигмента для изготовления косметических средств или украшения пищевых продуктов), размер которых, определенный с помощью лазерного дифракционного анализатора Hydro 2000S (Malvern Instruments), находился в диапазоне 0,035–158 мкм, с относительным вкладом наноразмерных частиц TiO_2 ($\leq 0,1$ мкм), составившим 41,5%. Экспозиционные концентрации частиц TiO_2 – 10, 50, 100, 150 мг/л.

В качестве тест-объекта была использована лабораторная культура *D. magna*, выращенная в соответствии с ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06 в климатостате В4 (Энерголаб).

Экспериментальные результаты острой токсичности загрязняющих материалов по количественной оценке смертности дафний приведены в таблице.

Острая токсичность наночастиц полистирола и диоксида титана, оцененная по смертности *D. magna* при времени экспозиции 24 и 48 ч

С, мг/л	Повторность						Всего	Смертность, %
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6		
Частицы полистирола, 24 ч экспозиции								
Контроль	5	5	5	5	5	5	30	0
10	5	5	5	5	5	5	30	0
50	5	5	5	5	5	5	30	0
125	5	5	5	5	5	5	30	0
200	4	4	5	5	5	5	28	7
Частицы полистирола, 48 ч экспозиции								
Контроль	5	5	5	5	5	5	30	0
10	5	4	5	5	5	5	29	3
50	4	5	4	3	4	5	25	17
125	5	5	4	3	3	3	23	23
200	2	2	2	3	3	3	15	50
Частицы диоксида титана, 48 ч экспозиции								
Контроль	5	5	5	5	5	5	30	0
10	5	5	5	5	5	5	30	0
50	5	5	5	5	5	5	30	0
100	5	5	5	5	5	5	30	0
150	5	5	5	5	5	5	30	0
Частицы диоксида титана, 24 ч экспозиции								
Контроль	5	5	5	5	5	5	30	0
10	5	5	5	5	5	4	29	3
50	5	4	5	5	5	4	28	7
100	4	4	5	4	4	5	26	13
150	4	4	4	4	4	4	24	20

Существенное количество погибших особей было обнаружено лишь через 48 часов воздействия и только для высоких концентраций веществ. Во всех остальных случаях в рассматриваемом диапазоне концентраций острая токсичность отсутствовала. Визуальная оценка содержания пищевого тракта рачков (рис.) выявила значительное присутствие как микрочастиц полистирола, так и нано- и микрочастиц TiO_2 даже при концентрациях 50 мг/л.

Результаты исследования демонстрируют отсутствие летального исхода в экспериментальных условиях через 24 ч экспозиции и при использовании малых концентраций исследуемых частиц. При этом достоверно обнаруживается наполненность пищеварительного тракта тест-объекта частицами микрополистирола, а также нано- и микрочастицами TiO_2 . Причина существенной токсичности микропластика в отношении дафний при концентрациях 125–200 мг/л не ясна. Стоит отметить, что подобные концентрации данных материалов практически не встречаются в природных экосистемах [5]. Возможной причиной подобного результата могло служить чрезмерное содержание вещества в среде, создающее ограничения для нормальной жизнедеятельности организма.



Рис. Внешний вид и содержание пищевого тракта дафний после 48 ч экспозиции с применением микрочастиц полистирола с концентрацией 50 мкг/л (слева) и нано- и микрочастиц диоксида титана с концентрацией 50 мкг/л (справа)

Таким образом, наполненность пищеварительного тракта частицами полистирола и TiO_2 не всегда приводит к летальному исходу у дафний, при этом важно учитывать исследования с применением других типов материалов, размеров фракций или концентраций. Также незначительный летальный отклик на частицы в рассматриваемых диапазонах концентраций веществ не является признаком отсутствия вредного воздействия. В научных публикациях имеются сведения о наличии значимого влияния на рачков при проведении других методов оценки токсичности как микрополистирола [2], так и диоксида титана [3]. Для более достоверного анализа токсичности необходимо комбинирование различных методов, например, поведенческих, биохимических, физиологических.

Библиографический список

1. 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
2. Влияние частиц микропластика полистирола на морфологические и функциональные показатели *Daphnia magna* / О. В. Никитин, Э. И. Насырова, Р. С. Кузьмин, Л. М. Миннегулова, В. З. Латыпова, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 196–203. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-196-203
3. Three-dimensional analysis of the swimming behavior of *Daphnia magna* exposed to nanosized titanium dioxide / C. Noss, A. Dabrunz, R. R. Rosenfeldt, A. Lorke, R. Schulz // PLoS ONE. 2013. Vol. 8. No. 11. Article No. e80960. doi: 10.1371/journal.pone.0080960
4. Олькова А. С., Фокина А. И. *Daphnia magna* Straus в биотестировании природных и техногенных сред // Успехи современной биологии. 2015. Т. 135. С. 380–389.

5. Lenz R., Enders K., Nielsen T. G. Microplastic exposure studies should be environmentally realistic // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2016. Vol. 113. P. E4121–E4122. doi: 10.1073/pnas.1606615113

НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ МИКРОПЛАСТИКА КАК ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ (краткий обзор)

Е. Н. Сизова, Л. Н. Шмакова
Кировский государственный медицинский университет,
cizovahelena@mail.ru

В статье собраны доказательства, что за последние пять лет произошло значительное увеличение количества опубликованных исследований по теме загрязнения микропластиком окружающей среды. В связи с этим достаточно сложно найти актуальную и достоверную информацию по данной проблеме. Целью данной статьи является описание новых источников микропластика как загрязнителя и создание информационной основы для ссылок на актуальные и новейшие научные источники в этой области.

Ключевые слова: микропластик, загрязнение окружающей среды, человек.

С 1950-х годов производство пластика экспоненциально растет. Так, в настоящее время первичного пластика ежегодно производится около 360 млн т [1], часть которого, попав в окружающую среду, превращается в микропластик (менее 5 мм), который из-за малой величины трудно удалить из биосферы. Микропластик обнаружен во всех уголках земного шара – от Антарктиды [2] до пустынь [3]. В связи с этим за последние пять лет популярность исследований микропластика как загрязнителя значительно возросла. Целью данного краткого обзора является обобщение знаний о новых источниках микропластика, который в дальнейшем можно использовать как инструмент будущих исследований.

Чайные пакетики. Неожиданным, но ощутимым источником загрязнения микропластиком за последние два года стал один из самых популярных напитков в мире – пакетированный чай. Использование пластиковых материалов для изготовления чайных пакетиков призвано повысить целостность пакетика после его погружении в кипяток. Исследование Hernandez et al. [4] показало, что в одной чашке чая с заваренным чайным пакетиком из нейлона и полиэтилена образуется 11,6 млрд частиц микропластика и 3,1 млрд частиц – нанопластика. Но другие исследователи [5] обнаружили, что микропластика из пакетированного чая на чашку выделяется только 504 частицы. Различия в исследованиях весьма значительны, какое количество достоверно выделяется микропластика, пока не ясно. Очевидно только одно, что микропластик из таких чайных пакетиков действительно выделяется.