

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛОМ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН МАЛЫХ РЕК НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Т. И. Кухарчик, К. О. Рябычин, В. Д. Чернюк, А. А. Мелешко

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Полистирол является одним из наиболее широко производимых и используемых полимеров, который при попадании в окружающую среду рассеивается с воздушными массами и поверхностным стоком. В статье представлены результаты изучения содержания частиц полистирола в прибрежных зонах руч. Мышка и р. Лошица на территории г. Минска.

Полевые исследования выполнены с использованием маршрутного метода с визуальным определением отходов пенополистирола и гранул полистирола вдоль береговой линии (в воде, на почве и растительности). Общая длина маршрута составила около 9 км.

Установлено, что прибрежные зоны руч. Мышка и р. Лошица практически по всей длине загрязнены фрагментами пенополистирольных плит, вспененными и вспенивающимися гранулами полистирола. Размеры частиц варьируют от 1–2 мм до нескольких сантиметров. Наиболее загрязненными участками является пойма в средней части руч. Мышка вблизи предприятия по производству пенополистирольных плит и район технологических прудов в юго-западной части г. Минска. Высокий уровень загрязнения прибрежной зоны характерен для участков пойм руч. Мышка и р. Лошица, где образовались естественные барьеры из деревьев, кустарниковой и травянистой растительности.

Установлено, что источниками поступления частиц полистирола являются поверхностные воды руч. Мышка, в верховье которого расположено предприятие по производству пенополистирольных плит, а также ливневые воды коллекторов, дренирующих значительную часть городской территории. Обсуждена необходимость дальнейших исследований с изучением содержания частиц микропластика лабораторными методами.

Ключевые слова: полистирол; пенополистирольные изделия; прибрежная зона; пойма; загрязнение.

Для цитирования. Кухарчик Т. И., Рябычин К. О., Чернюк В. Д., Мелешко А. А. Загрязнение полистиролом прибрежных зон малых рек на урбанизированной территории // Природопользование. – 2024. – № 1. – С. 68–77.

POLYSTYRENE POLLUTION OF THE COASTAL ZONES OF SMALL RIVERS IN AN URBAN AREA

T. I. Kukharchyk, K. O. Ryabychyn, V. D. Chernyuk, A. A. Meleshko

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. Polystyrene is one of the most widely produced and used polymers, which, when released into the environment, disperses with air masses and surface runoff. The article presents the results of a study of the content of polystyrene particles in the coastal zone of the stream Myshka and Loshitsa river, Minsk.

Field research was carried out using the route method with visual identification of waste polystyrene foam and polystyrene granules along the coastline (in water, on soil and vegetation). The total length of the route was about 9 km.

It has been established that the coastal zones of the stream Myshka and Loshitsa river is contaminated along almost its entire length with fragments of polystyrene foam boards, foamed and expanding polystyrene granules. Particle sizes vary from 1-2 mm to several centimeters. The most polluted areas are the floodplain in the middle part of the stream Myshka near an enterprise for the production of polystyrene foam boards and the area of technological ponds in the South-Western part of Minsk. A high level of pollution of the coastal zone is typical for the floodplain areas of the stream Myshka and Loshitsa river, where natural barriers of trees, shrubs and herbaceous vegetation have formed.

It has been established that the sources of polystyrene particles are the surface waters of the stream Myshka, in the upper reaches of which there is an enterprise for the production of polystyrene foam boards, as well as storm water from sewers that drain a significant part of the urban area. The need for further research examining the content of microplastic particles using laboratory methods is discussed.

Keywords: polystyrene; polystyrene foam products; coastal zone; floodplain; pollution.

For citation. Kukharchyk T. I., Ryabychyn K. O., Chernyuk V. D., Meleshko A. A. Polystyrene pollution of the coastal zones of small rivers in an urban area. *Nature Management*, 2024, no. 1, pp. 68–77.

Введение. Загрязнение компонентов природной среды полистиролом, как и другими видами полимерных изделий и отходов, относится к одной из приоритетных экологических проблем современности [1]. Среди всего разнообразия полимерных материалов полистирол является одним из приоритетных по масштабам производства и применения (после полиэтилена, полипропилена и ПВХ). По состоянию на 2015 г. объемы производства полистирола в глобальном масштабе составили 25 млн т, или 7,6 % общего объема производства полимеров [2].

Полистирол производится в виде мелких гранул для последующего производства вспененного, экструдированного и ударопрочного полистирола, а также сополимеров. Гранулы полистирола, являющиеся первичными полимерами, чаще всего представляют собой частички сферической формы, белого или молочного цвета размером от 0,5 до 2 мм с плотностью выше 1 г/см^3 (рис. 1). Реже встречается полистирол черного цвета, который производится с добавками графита. Изделия из полистирола, в том числе пенополистирольные плиты (пенопласт), на 98 % состоят из воздуха, а их плотность находится в диапазоне $0,028\text{--}0,035 \text{ г/см}^3$.

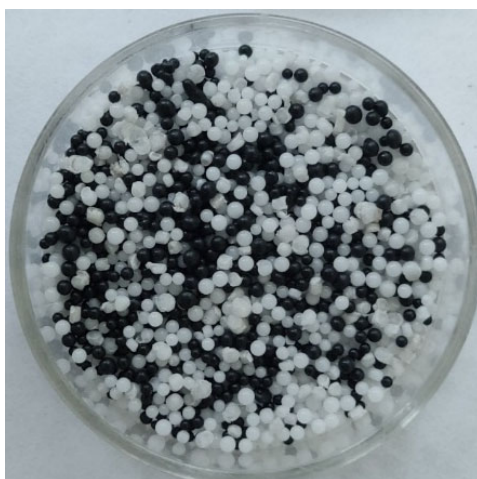


Рис. 1. Смесь белых и черных гранул первичного полистирола для производства пенополистирольных плит

Fig. 1. A mixture of white and black granules of primary polystyrene for the production of expanded polystyrene boards

Впервые гранулы первичного полистирола были идентифицированы в прибрежных водах южной части Новой Англии более 40 лет назад [3, 4]. В настоящее время фрагменты пенопласта, вспененные гранулы, микрошарики обнаруживаются в почвах различных регионов [5–8]. К источникам полистирола относятся строительные и упаковочные материалы, контейнеры для пищевых продуктов и другие изделия, которые превращаются в отходы после истечения срока службы. Способность таких изделий легко разламываться и крошиться, быстро переноситься с ветром и водой обусловила их рассеяние в окружающей среде.

В Беларуси полистирол используется для производства теплоизоляционных полистирольных плит (пенопласта различных марок), стеновых сэндвич-панелей с пенополистиролом, упаковочного материала, наполнителей и других изделий. Ежегодные объемы применения полимеров стирола на основании данных их импорта и экспорта оцениваются в 60–65 тыс. т с незначительными вариациями за последние 10 лет [9].

Выполненные недавно первые исследования в зоне воздействия промышленного предприятия по производству пенополистирольных плит в г. Минске показали, что рассеяние гранул сырья полистирола (размером $<2 \text{ мм}$) и отходов производимой продукции (в виде вспененных гранул и крошки пенопласта) приводит к загрязнению почв не только на промплощадке, но и за ее пределами, в том числе почвы пойменного участка руч. Мышка [10]. Было установлено, что миграция частиц полистирола осуществляется, прежде всего, с поверхностным стоком. Это означает, что не исключено их поступление вниз по течению и перенос полистирола в принимающие водотоки – р. Лошица и далее – р. Свислочь.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования явились прибрежные зоны водотоков, протекающих в юго-западной части г. Минска: канал Грушевский, руч. Мышка и р. Лошица (до ее впадения в р. Свислочь). Исследования выполнены в летний-осенний период 2022 г. Общая длина маршрута составила около 9 км (рис. 2).

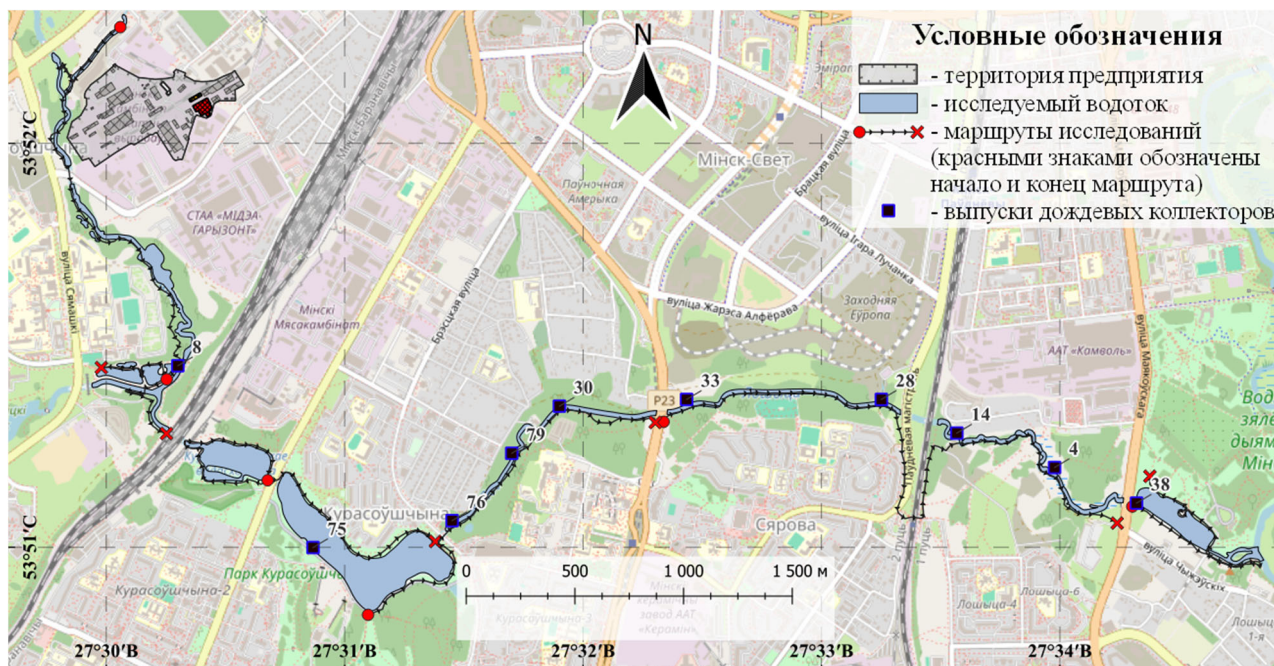


Рис. 2. Общий вид маршрута исследования прибрежных зон руч. Мышка и р. Лошица

Fig. 2. General view of the route for exploring the coastal zones of the Myshka creek and the Loshitsa River

Руч. Мышка (прежнее название р. Мухля) – левый приток р. Лошица, его исходная длина составляла около 7 км. После строительства водозабора Петровщина длина реки сократилась [11] русло значительно обмелело и в летний сезон в верхней части пересыхает. По состоянию на 2024 г. длина водотока составляет менее 4 км (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики исследуемых водотоков, согласно водному кадастру

Table 1. Characteristics of the studied watercourses, according to the water cadastre

Реестровый номер водного кадастра	Наименование водотока	Протяженность водотока, км	Протяженность исследования в рамках работы, км
2938	Канал Грушевский	2,85	0,45
2937	Ручей Мышка	3,96	1,97
2636	Река Лошица	12	6,70

Прибрежная зона, начиная с ул. Железнодорожной, практически не обустроена и представлена естественной, преимущественно древесно-кустарниковой растительностью. Впадает в р. Лошица перед железнодорожным переездом в районе ул. Семашко.

Река Лошица является правым притоком р. Свислочь; первоначальная длина составляла 12 км, площадь водосбора – 67 км² [12]. В микрорайоне Курасовщина создано водохранилище Лошица, на берегу которого расположен парк, а в устье, в районе Лошицкого парка, – пруд.

Полевые исследования выполняли с использованием маршрутного метода с визуальным определением различных видов полистирола вдоль береговой линии (в воде, на почве и тканях растений). Во время маршрута место загрязнения зафиксировали с помощью GPS и нанесли на карту. Провели фотофиксацию и описание выявленного загрязнения с выделением различных типов отходов или гранул сырья.

Водотоки дренируют значительную часть городской территории, включая промышленные, жилые, транспортные и рекреационные зоны. Река Лошица пересекается несколькими крупными транспортными узлами, на ней созданы три водохранилища [13]. Общие сведения об исследуемых водотоках приведены в табл. 1.

Река Лошица принимает воды девяти ливневых коллекторов, собирающих ливневые и нормативно очищенные сточные воды предприятий юго-западной части г. Минска. Имеются выпуски дождевых коллекторов также в руч. Мышка (в районе ул. Семашко).

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования, начиная от канала Грушевского до впадения р. Лошица в р. Свислочь, выделено 17 участков, для которых выполнено описание состояния прибрежных зон и дана оценка их загрязнения полистиролом (табл. 2).

Таблица 2. Результаты визуального обследования поймы р. Лошица и принимающих водотоков

Table 2. The results of a visual survey of the Loshitsa river floodplain and receiving watercourses

№	Описание участка водотока		Загрязнение пенополистиролом
	Расположение	Общая характеристика	
1.	Канал Грушевский от автостанции Юго-Западной до перекрестка на пересечении улиц Железнодорожной и Семашко	Русло изменено. Высокие берега (до 7–8 м); кустарниковая растительность по бровке. Левый берег – гаражный кооператив. Русло сухое на большем протяжении канала. Перед впадением в руч. Мышка затопленный участок	В 20 м от начала затопленного участка – фрагменты пенополистирольных плит. Вспененные гранулы встречаются у кромки и на поверхности воды. На входе в коллектор – завал из веток, бурелома и водной растительности. Обилие полистирола в виде отдельных вспененных гранул и фрагментов пенополистирольных плит
2.	Руч. Мышка от ул. Железнодорожной до коллектора на ул. Софьи Ковалевской	Затапливаемый участок; пойма расширяется до 100 м; имеются остатки небольших старичных водоемов и старое русло, пересыхающие (или сильно мелеющие) в летний сезон. Ивняк тростниковый. Левый берег – промплощадка предприятия	Обилие отходов полистирола, особенно у склона, прилегающего к промплощадке. Местами вспененные гранулы полистирола образуют сплошной покров. Фрагменты и осколки пенополистирольных плит. При закладке прикопки в пойме обнаружен пенополистирол на глубине более 30 см
3.	Руч. Мышка от коллектора до места впадения в р. Лошица в районе технологических прудов на ул. Семашко	Пойма сильно заболочена, закустарена, труднопроходима. Признаки регулярного подтопления. Имеются необорудованные места любительской рыбалки	На протяжении всего участка встречаются вспененные гранулы полистирола и обломки полистирольных плит. Полистирол зафиксирован на почве прибрежной зоны и растительности на различной высоте от уреза воды
4.	Технологические пруды на ул. Семашко	Участок с измененным руслом. Пруды оснащены каскадами для удаления механического мусора, плавающего на поверхности	Загрязнение гранулами полистирола почв в местах вероятного разлива воды из технологического пруда. Сильное загрязнение прибрежных зон, бетонных конструкций. Сплошной покров из полистирола в местах сужения водотоков (шлюзы, соединительные коллекторы). Мор рыбы
5.	р. Лошица от технологических прудов до коллектора под ж/д мостом ниже по течению	Следы весеннего паводка; древесно-кустарниковая растительность; имеются открытые участки с выходом к воде. В местах неорганизованного отдыха следы кострищ	Гранулы полистирола и небольшие фрагменты плит встречаются на берегу даже выше по течению р. Лошица от места впадения руч. Мышка
6.	Курасовщинское водохранилище (левый берег)	На воде обилие ряски. Для укрепления откосов и насыпи автомобильной дороги уложены железобетонные плиты, имеются необорудованные места любительской рыбалки	На поверхности воды, на водной растительности и берегу гранулы и отдельные куски полистирола. Полистирол в виде вспененных гранул обнаруживается под опавшей листвой
7.	Курасовщинское водохранилище (правый берег) в районе дубо-липового массива «Белая дача»	Зона рекреации. Для укрепления откосов и насыпи автомобильной дороги уложены железобетонные плиты. На воде обилие ряски. В начале парка береговая линия нарушена строительной техникой	На нарушенном участке на грунте, а также на поверхности воды обнаруживаются гранулы полистирола. Гранулы встречаются как целые, так и сильно деформированные, поврежденные
8.	Водохранилище Лошица	Зона рекреации. Много мест любительской рыбалки. Имеются необорудованные пляжи. В конце водохранилища водоток бетонирован, уровень регулируется шлюзом	Поверхность воды чистая, бытового и строительного мусора не обнаружено
9.	р. Лошица от ул. Брестской до ул. Зубачева	Участок сильно заросший, пойма сильно размыта. Имеются места с сильными заторами на водотоке	Большое количество бытового мусора. Фрагменты пенополистирола встречаются повсеместно, в особенности в местах сильных заторов. В местах постоянного пребывания людей встречаются крупные куски пенополистирола. Замечен мор рыбы

№	Описание участка водотока		Загрязнение пенополистиролом
	Расположение	Общая характеристика	
10.	Участок водотока р. Лошица от ул. Зубачева до ул. Кижеватова	Участок похож на № 9, берега более пологие, меньше заторов и мусора, пойма реки четко выделена и дифференцируется. Есть места с каменистыми порогами по течению	Изредка встречаются фрагменты пенополистирола в местах с редкими завалами водотока растительностью
11.	Участок водотока р. Лошица от ул. Кижеватова до спортивной площадки СШ № 62	Глубина водотока до 1 м. Уход за участком реки не осуществляется. На берегу сильный бурелом и подмытая кустарниковая растительность. Русло со следами сильной водной эрозии, следы паводков. Имеется эрозионный разрез, выходящий со стороны стройплощадки комплекса «Минск-Мир»	На берегу на поверхности грунта встречаются единичные гранулы полистирола, а также на остатках сухой растительности после паводков (кустарники, пни). На участке с затором из кустарников и упавших деревьев обилие полистирола. Мор рыбы
12.	р. Лошица от спортивной площадки СШ № 62 до ДС № 354	Водоток ровный, берег обрывистый, отсутствует водная растительность	Единичные гранулы полистирола на берегу выше уреза воды, в том числе на растительности (возможно, после паводков)
13.	р. Лошица от ДС № 354 до Южной магистрали	Русло искусственно расширено. Построен новый коллектор под дорогой. Грунт сильно нарушен спецтехникой	Поверхность воды чистая, бытового и строительного мусора не обнаружено
14.	р. Лошица от ж/д путей около станции Лошица до пункта приема № 45 Минсккоопвторресурсы	Берега местами обрывистые. Явные признаки процессов меандрирования. Обилие пней и высохшего кустарника в воде	Полистирол замечен на растительности (в том числе старой, находящейся в воде) выше уреза воды на расстоянии около 1 м (закрепился в момент паводков). Встречается также в излучинах реки
15.	р. Лошица от пункта приема № 45 Минсккоопвторресурсы до ул. Маяковского	Затапливаемый и сильно заболоченный участок с неявным руслом. Обилие болотной растительности и макрофитов, имеются заторы и запруды из растительности	Единичные гранулы полистирола встречаются на берегу на поверхности грунта, а также на остатках сухой растительности после паводков (кустарники, пни). Полистирол обнаружен в местах затора из кустарников и упавших деревьев
16.	Пруд в районе Лошицкого парка	Зона рекреации. Левый берег пруда и берега острова убраны и приведены в порядок. Правый берег у моста сильно зарос кустарником. Один из выходов ливневой канализации	Полистирол встречается в виде как гранул, так и отдельных фрагментов, особенно на правом берегу водотока в высокой растительности
17.	р. Лошица от окончания Лошицкого парка до места впадения в р. Свислочь	Русло ровное, завалов и большого скопления бытового мусора не обнаружено. На берегу много намывного грунта и органических отложений (особенно в месте впадения в р. Свислочь)	Встречаются полистирольные гранулы по правому берегу на уровне уреза воды

Выполненные исследования показали, что прибрежные зоны руч. Мышка и р. Лошица по всей длине загрязнены полистиролом, который встречается на поверхности воды и почве, а также на водной и прибрежной растительности. Полистирол присутствует в виде фрагментов пенополистирольных плит и вспененных гранул полистирола. Судя по полученным данным, поступление полистирола в прибрежные зоны малых рек может осуществляться из разных источников, включая предприятие по производству пенополистирольных плит, сбросы ливневой канализации и поверхностный плоскостной смыв с водосбора. Встречающиеся в прибрежной зоне бытовые отходы (пластиковые и стеклянные бутылки, полиэтиленовые пакеты или их фрагменты, ветошь и др.) свидетельствуют о влиянии такого фактора, как любительская рыбалка или другие виды рекреации, связанные с посещением прибрежных зон.

Как и предполагалось, рассеяние полистирола с промышленной площадки предприятия по производству пенополистирольных плит не ограничивается прилегающим к промзоне участком поймы руч. Мышка. Загрязнение вспененными гранулами полистирола и фрагментами пенопласта обнаруживается выше и ниже по течению реки, куда поступает поверхностный сток с прилегающей промышленной и транспортной зон; не исключается перенос частиц полистирола ветром (рис. 3).

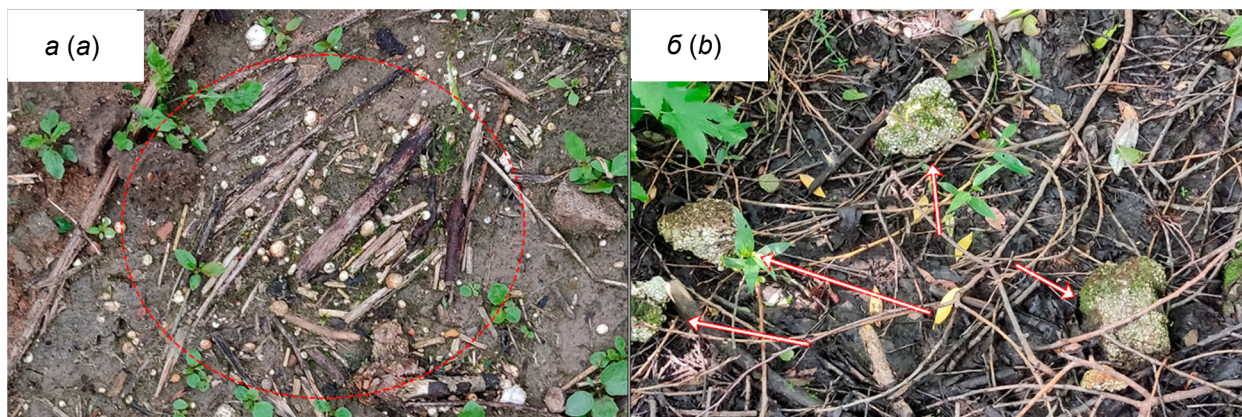


Рис. 3. Загрязнение полистиролом высохших участков Грушевского канала в районе коллектора, соединяющего его устье с руч. Мышка (а) и поймы руч. Мышка в районе автодрома по ул. Семашко (б)

Fig. 3. Polystyrene contamination of dried sections of the Grushevsky Canal in the area of the collector connecting its mouth with the Myshka Creek (a) and the floodplain of the Myshka creek near the autodrom on Semashko Street (b)

Наиболее высокий уровень загрязнения прибрежной зоны полистиролом характерен для участка поймы руч. Мышка в непосредственной близости от предприятия. Полистирол здесь представлен как фрагментами пенопласта, так и шариками полистирола размером от менее 2 мм до 4–5 мм. Местами обнаруживаются их скопления, практически полностью перекрывающие почву на площади до 1 м² (рис. 4). Это обусловлено близостью промплощадки, на которой повсеместно зафиксированы фрагменты готовых изделий (пенопласта), вспененные шарики и гранулы сырья, легко перемещающиеся с ветром и поверхностными водами [10]. В пойме частицы полистирола задерживаются растительностью, в том числе опавшей листвой, а в периоды паводков перекрываются наносным грунтом.



Рис 4. Скопление вспененных шариков полистирола и фрагментов пенопласта в пойме руч. Мышка между улицами Семашко и Софьи Ковалевской

Fig. 4. Accumulation of foamed polystyrene balls and foam fragments in the floodplain of the Myshka Creek between Semashko and Sofya Kovalevskaya Streets

На способность растительности, в частности макрофитов, задерживать на себе плотные скопления частиц микропластика, выполняя тем самым барьерные функции по отношению к данному типу загрязнения, указано в работах В. Д. Казмирука [14, 15]. В случае рассматриваемого участка поймы руч. Мышка растительность, представленная болотными видами (преимущественно тростником) и разнотравьем, служит механическим препятствием для перемещения полистирола. Однако при повышении уровня воды незагрязненные и не закрепленные почвой или растениями частицы полистирола всплывают на поверхность и мигрируют дальше. Местами происходит их очередной «перехват» растениями или другими барьерами, например, бетонными кольцами под дорогами или укреплениями на берегах. Зафиксированные частицы полистирола на различной высоте на растениях (0,5 м и более) на разных участках руч. Мышка и р. Лошица подтверждают такие процессы. Кроме того, полистирол при повышении уровня воды перемещается выше по склону прибрежной зоны, удаляясь от основного русла. Этим можно объяснить его наличие на расстоянии до 30 м от водотока. О том, что данный полистирол был привнесен с водотоком, свидетельствует наличие признаков подтопления и разливов реки в местах обнаружения гранул и фрагментов пенополистирола.

Следует также отметить, что частицы полистирола способны мигрировать вглубь почвенного профиля. Так, на данном участке полистирол замечен на глубине до 30 см, что может быть связано с характером формирования пойменных отложений и их пополнением привнесенными с ливневыми или паводковыми водами минеральными частицами.

Отдельного внимания заслуживает каскад технологических прудов, принимающих ливневой сток коллекторов № 8 «Запад» и «Юго-Запад», созданных перед впадением руч. Мышки в р. Лошица. На поверхности прудов, а также на их берегах образуются значительные скопления частиц полистирола (рис. 5). Важно отметить, что помимо вспененных шариков полистирола диагностируются гранулы сырья размером 1–2 мм. Это еще одно доказательство важности такого источника полистирола, как промышленное предприятие, где используются первичные полимеры для вспенивания и производства пенопласта. Вместе с тем привнос полистирола с ливневыми водами не исключается, тем более что указанные коллекторы дренируют значительную часть города. Накопление в прудах частиц полистирола, связанное с наличием искусственных преград, означает снижение их количества к дальнейшей миграции вниз по течению. Периодически коммунальные службы проводят полную очистку сооружений, удаляя воду с загрязнителем и вычищая отложения с помощью спецтехники. При очистке прудов значительная часть накопленных осадков с различными примесями, включая полистирол, удаляется на полигоны.



Рис. 5. Загрязнение полистиролом очистных сооружений в районе ул. Семашко: а – загрязнение прибрежной зоны; б – образование полистирольных пятен на поверхности воды

Fig. 5. Polystyrene pollution of sewage treatment plants in the area of Semashko Street: а – pollution of the coastal zone; б – formation of polystyrene stains on the water surface

На возможность попадания частиц полистирола в пойму с неорганизованным поверхностным стоком указывают результаты исследования участка р. Лошица в районе строительства нового экспериментального многофункционального комплекса «Минск-Мир», который примыкает к реке с севера. Следы водной эрозии с территории стройки подтверждают такую возможность. Как известно, пенополистирол активно используется в строительстве в качестве утеплителя. Поскольку он легко

ломается и крошится, то неизбежно дальнейшее перемещение его частиц и фрагментов с различными потоками. Выявленное обилие частиц полистирола и фрагментов пенопласта в прибрежной зоне р. Лошица от ул. Кижеватова до Южной магистрали обусловлено также наличием завалов и буреломов на водотоке, которые являются барьером на пути их миграции. Следует отметить, что такие завалы имеются и при впадении канала Грушевский в руч. Мышка, на участках р. Лошица в районе ул. Кижеватова, а также от ул. Брестской до ул. Зубачева. Во всех случаях при наличии естественных преград из деревьев, кустарниковой и травянистой растительности на водотоках явно увеличивается количество полистирола.

В целом на данном этапе исследований результаты не позволяют получить количественную оценку уровня загрязнения прибрежных зон руч. Мышка и р. Лошица полистиролом. Однако необходимо подчеркнуть зафиксированные случаи мора рыбы, которые приурочены к наиболее выраженному загрязнению участков рек. Так, мертвая рыба была обнаружена у уреза воды и на побережье в районе очистных сооружений на ул. Семашко, в районе ул. Кижеватова и на участке от ул. Брестской до ул. Зубачева. Несмотря на возможные разные источники поступления полистирола, доминирующая форма на всем протяжении маршрута – вспененные шарики полистирола размером менее 5 мм. В дополнение к ним во многих случаях обнаруживаются гранулы полимерного сырья размером до 2 мм. И те, и другие частицы являются микропластиком, которые могут заглатываться рыбой и птицами. Негативное воздействие частиц полистирола на почвенную биоту показано в работах [16, 17]. Согласно [18], опасность загрязнения почв микропластиком связана не только с его прямым неблагоприятным воздействием на почвенных животных и почвенных микробов, но и с формированием синергетического загрязнения с другими веществами, такими как тяжелые металлы.

Как и при других видах загрязнений отходами, загрязнение прибрежных зон полистиролом ухудшает эстетические свойства ландшафтов, снижает их привлекательность и ценность для рекреации. Между тем, опыт организации зон отдыха возле водохранилища Лошица и пруда в Лошицком парке свидетельствует о высоком потенциале данных аквальных систем и необходимости проведения природоохранных мероприятий по сбору отходов и ликвидации завалов на водотоках.

Заключение. Исследование прибрежных зон малых рек юго-западной части г. Минска показало, что полистирол в виде фрагментов пенопласта, вспененных шариков и гранул сырья встречается практически по всей длине маршрута: от ул. Семашко до устья р. Лошица. Это означает, что загрязнение может распространяться и дальше по р. Свислочь.

Среди источников поступления полистирола выделяются предприятие по производству пенополистирольных плит и ливневой сток из дождевых коллекторов, которые дополняются неорганизованным поверхностным стоком и бытовыми источниками. Наиболее загрязненными участками являются пойма в средней части руч. Мышка вблизи предприятия по производству пенополистирольных плит и район технологических прудов в юго-западной части г. Минска.

Следует отметить, что руч. Мышка и р. Лошица дренируют значительную часть южной и юго-западной части г. Минска, где расположено множество строящихся объектов. При использовании пенополистирола в качестве утеплителя возможно его попадание в окружающую среду и вынос за пределы стройплощадок. Не исключено влияние других промышленных предприятий, где производится или используется пенополистирол.

Необходимо проведение дальнейших исследований с целью поиска и локализации мест поступления пенополистирола в прибрежные зоны. Для оценки опасности загрязнения почв и донных отложений планируются работы по определению частиц микропластика в лабораторных условиях.

Список использованных источников

1. Bank, M. S. *Microplastic in the environment: pattern and process* / M. S. Bank. – 1st ed. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – 354 p.
2. Geyer, R. Production, use, and fate of all plastics ever made / R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law // *Science Advances*. – 2017. – Vol. 3, № 7. – P. e1700782.
3. Carpenter, E. J. Plastics on the Sargasso Sea surface / E. J. Carpenter, K. L. Smith // *Science*. – 1972. – Vol. 175, № 4027. – P. 1240–1241.
4. Polystyrene spherules in coastal waters / E. J. Carpenter [et al.] // *Science*. – 1972. – Vol. 178, № 4062. – P. 749–750.
5. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and Yellow Sea / Q. Zhou [et al.] // *Geoderma*. – 2018. – P. 201–208. – Vol. 322. doi:10.1016/j.geoderma.2018.02.015
6. A catchment-scale perspective of plastic pollution / F. M. Windsor [et al.] // *Global Change Biology*. – 2019. – Vol. 25. – P. 1207–1221. doi:10.1111/gcb.14572
7. Identification and quantification of macro-and microplastics on an agricultural farmland / S. Piehl [et al.] // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 8. – P. 1–9. doi:10.1038/s41598-018-36172-y

8. Wetland soil microplastics are negatively related to vegetation cover and stem density / R. Helcoski [et al]. // *Environmental Pollution*. – 2020. – Vol. 256. – P. 113391.
9. Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 15.12.2023.
10. Кухарчик, Т. И. Загрязнение почв микропластиком при производстве пенополистирола / Т. И. Кухарчик, В. Д. Чернюк // *Почвоведение*. – 2022. – № 3. – С. 370–380.
11. Состояние компонентов природной среды в пределах экологического коридора II порядка (долины р. Мышки, г. Минск) / Е. В. Санец [и др.] // *Природопользование*. – 2021. – № 1. – С. 73–92.
12. Макаревич, А. А. Антропогенные гидрологические преобразования рек г. Минска / А. А. Макаревич // *Вестник БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География*. – 2001. – № 1. – С. 62–67.
13. Государственный водный кадастр – информационная аналитическая система [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://195.50.7.216:8081/#services>. – Дата доступа: 05.04.2024.
14. Казмирук, В. Д. Барьерная роль макрофитов при загрязнении водных объектов микропластиком / В. Д. Казмирук // *Наука. Инновации. Технологии*. – 2021. – № 3. – С. 133–149.
15. Казмирук, В. Д. Механизмы перехвата пластиковых микрочастиц буферными зонами из макрофитов / В. Д. Казмирук // *Геосистемы переходных зон*. – 2021. – Т. 5, № 4. – С. 378–388.
16. Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil / D. Cao [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2017. – Vol. 61, № 1. – P. 012148.
17. Toxicological effects of polystyrene microplastics on earthworm (*Eisenia fetida*) / X. Jiang [et al.] // *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*. – 2020. – Vol. 259. – P. 113896.
18. Rillig, M. C., Microplastic incorporation into soil in agroecosystems / M. C. Rillig, R. Ingraffia, A. A. De Souza Machado // *Frontiers in Plant Science*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1805.

References

1. Bank M. S. *Microplastic in the Environment: Pattern and Process*. 1st ed. Cham. Springer International Publ., 2022, 354 p.
2. Geyer R., Jambeck J. R., Law K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 2017, vol. 3, no. 7, p. e1700782.
3. Carpenter E. J., Smith K. L. Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 1972, vol. 175, no. 4027, pp. 1240–1241.
4. Carpenter E. J., Anderson S. J., Harvey G. R., Miklas H. P., Peck B. B. Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, 1972, vol. 178, no. 4062, pp. 749–750.
5. Zhou Q., Zhang H., Fu C., Zhou Y., Dai Z., Li Y., Tu C., Luo Y. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. *Geoderma*, 2018, vol. 322, pp. 201–208. doi:10.1016/j.geoderma.2018.02.015
6. Windsor F. M., Durance I., Horton A. A., Thompson R. C., Tyler C. R., Ormerod S. J. A catchment-scale perspective of plastic pollution. *Global Change Biology*, 2019, vol. 25, pp. 1207–1221. doi:10.1111/gcb.14572
7. Piehl S., Leibner A., Löder M. G. J., Dris R., Bogner C., Laforsch C. Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Scientific Reports*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 1–9. doi:10.1038/s41598-018-36172-y
8. Helcoski R., Yonkos L. T., Sanchez A., Baldwin A. H. Wetland soil microplastics are negatively related to vegetation cover and stem density. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 256, pp. 113391.
9. *Natsional'nyy statisticheskiy komitet RB Interaktivnaya informatsionno-analiticheskaya sistema rasprostraneniya ofitsial'noy statisticheskoy informatsii* [National Statistical Committee of the Republic of Belarus Interactive information and analytical system for disseminating official statistical information] Available at: <http://dataportal.belstat.gov.by/> (accessed 15 December 2023). (in Russian)
10. Kukharchik T. I., Chernyuk V. D. *Zagryazneniye Pochv Mikroplastikom Pri Proizvodstve Penopolistirola* [Soil Pollution with Microplastics During Expanded Polystyrene Production]. *Pochvovedeniye = Eurasian Soil Science*, 2022, no. 3, pp. 370–380. (in Russian)
11. Sanets E., Aucharova A., Kravchuk L., Savchenko S., Bokaya H. *Sostoyaniye komponentov prirodnoy sredy v predelakh ekologicheskogo koridora II poryadka (doliny r. Myshki, G. Minsk)* [State of natural environmental components within the ecological corridor of the order II (The Myshka river valley, Minsk)]. *Prirodopol'zovaniye = Nature Management*, 2021, no. 1, pp. 73–92. (in Russian)
12. Makarevich A. A. *Antropogennyye gidrologicheskiye preobrazovaniya rek g. Minska* [Anthropogenic hydrological transformations of rivers in Minsk]. *Vestnik BGU = Bulletin of BSU*, 2001, vol. 1, no. 2, pp. 62–67. (in Russian)
13. *TSNIIVR. Gosudarstvennyy Vodnyy Kadastr – informatsionnaya analiticheskaya sistema* [CRICUWR. State Water Cadastre – Information analytical system]. Available at: <http://195.50.7.216:8081/#services> (accessed 5 April 2024). (in Russian)
14. Kazmiruk V. D. *Bar'yernaya rol' makrofitov pri zagryaznenii vodnykh ob'ektov mikroplastikom* [The barrier role of macrophytes in the pollution of water bodies with microplastics]. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii. = The science. Innovation. Technologies*, 2021, no. 3. pp. 133–149. (in Russian)
15. Kazmiruk V. D. *Mekhanizmy perekhvata plastikovykh mikrochastich bufernymi zonami iz makrofitov* [Mechanisms of plastic microparticles retention by buffer zones with macrophytes]. *Geosystems of Transition Zones*, 2021, vol. 5, no. 4, pp. 378–388. (in Russian)

16. Cao D., Wang X., Luo X., Liu G., Zheng H. Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 61, no. 1, p. 012148.
17. Jiang X., Chang Y., Zhang T., Qiao Y., Klobučar G., Li M. Toxicological effects of polystyrene microplastics on earthworm (*Eisenia fetida*). *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987), 2020, vol. 259, p. 113896.
18. Rillig M. C., Ingraffia R., De Souza Machado A. A. Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 2017, vol. 8, p. 1805.

Информация об авторах

Кухарчик Тамара Иосифовна – доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: tkukharchyk@gmail.com

Рябычин Кирилл Олегович – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: ryabychin.ltp.bas@gmail.com

Чернюк Владимир Дмитриевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: chernyuk.vladimir.m@mail.ru

Мелешко Анастасия Андреевна – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: nestasssia@gmail.com

Information about the authors

Tamara I. Kukharchyk – D. Sc. (Geography), Professor, Chief Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: tkukharchyk@gmail.com

Kirill O. Ryabychyn – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: ryabychin.ltp.bas@gmail.com

Vladimir D. Chernyuk – Ph. D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: chernyuk.vladimir.m@mail.ru

Anastasiya A. Meleshko – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: nestasssia@gmail.com