

УДК 504.064+504.054

К. О. РЯБЫЧИН, В. Д. ЧЕРНЮК

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: ryabychin.ltp.bas@gmail.com

АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА ИЗ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛИСТИРОЛА)

Опасность загрязнения почв пластиком и микропластиком заключается в нарушении их физико-химических свойств, механическом воздействии на живые организмы, а также в результате выделения различных химических веществ, входящих в состав пластикового сырья и продукции [1]. Изделия из пластика, попадая в окружающую среду, подвергаются измельчению и деградации. Фрагментация исходно крупных пластиковых изделий зависит от типа пластика, его физико-химических свойств, а также от природных условий, в которых он оказывается [2]. В этой связи особого внимания заслуживает микропластик, представляющий собой частицы размером менее 5 мм, которые способны включаться в круговорот, перемещаться с водными и воздушными потоками, поступать в трофические цепи.

Особенностью пластикового загрязнения, усложняющей его изучение, является разнообразие видов полимерных материалов (ПЭТ, полипропилен, полистирол, полиэтилен, различные смолы, каучуки и др.) и химических веществ в составе антипиренов, пластификаторов, антиоксидантов, УФ-стабилизаторов и пигментов, которые используются при производстве для придания пластиком определенных свойств.

Актуальность изучения частиц полистирола связана с разнообразием источников его поступления в окружающую среду, а также с его свойствами легко перемещаться с воздушными и водными потоками. Поступление частиц полистирола в окружающую среду осуществляется при рассеянии сырьевых материалов, при обращении с изделиями из пенополистирола, в том числе при проведении строительных и ремонтных работ, а также с бытовыми и производственными отходами.

Особенностью полистирола является его низкая плотность (1,04–1,05 г/см³ для сырья и 0,015–0,05 г/см³ для пенополистирола), что способствует их ветровому переносу, а при попадании в аквальные системы – миграции на дальние расстояния с водотоками. Кроме того, изделия из пенополистирола (пенопласта) легко ломаются и крошатся, что приводит к попаданию их фрагментов в почву; дальнейшая судьба

их зависит от многих природных факторов. Полистирол производится в виде шариков размером от менее 1 до 4 мм; вспененные гранулы полистирола также имеют форму шариков. Характерным признаком полистирола и пенопласта является его цвет – преимущественно белый; хотя в последние годы при добавлении графита производится также пенопласт черного цвета.

В Беларуси насчитывается более двух десятков предприятий по производству пенополистирольных плит (пенопласта). Являясь важными локальными источниками загрязнения почв частицами полистирола, такие предприятия пока недостаточно изучены [3].

Целью данной работы являлась апробация методов выделения частиц полистирола из загрязненной почвы с разделением на вспененные частицы и частицы сырья. Для этого выбрана проба почвы, отобранная с глубины 0–5 см вблизи предприятия по производству пенополистирола, расположенного в г. Борисове.

За основу принят метод, использованный в работе [3], который дополнен двухступенчатой флотацией (в дистиллированной воде и солевом растворе) и микроскопией. Первоначально осуществлялась пробоподготовка почвы (сушка и фракционирование пробы с выделением фракций почвы менее 1 мм и 1–5 мм) и удаление органических веществ в растворе 30 % пероксида водорода.

Следующим этапом являлась флотация в водном (для отделения вспененных частиц) и солевом растворах (для отделения сырья и крошки). Для этого в стакан с пробой приливали известное количество дистиллированной воды, перемешивали раствор и оставляли на 4–12 ч для отстаивания. При этом частицы вспененного полистирола всплывали на поверхность раствора. Это обусловлено низкой плотностью вспененных полистирольных гранул ($\rho \approx 0,015–0,05$ г/см³). Далее верхний слой отстоявшейся дистиллированной воды сливался на мембранный фильтр, установленный в приборе для вакуумного фильтрования. Путем фильтрации удалялась вся вода с верхнего (перенесенного на фильтр) слоя (с включениями микропластика), а фильтр помещался на хранение для дальнейшего анализа в чашку Петри. Оставшийся раствор с не полностью высвобожденными частицами пенополистирола и полистирольным сырьем использовали для следующего этапа извлечения с использованием более плотного солевого раствора. Необходимая концентрация достигалась с учетом количества воды, оставшейся в растворе, и добавления необходимого количества соли. Для данного метода был использован $ZnCl_2$ с плотностью полученного раствора 1,2 г/см³ ввиду его хорошей растворимости и высокой плотности при небольших концентрациях [4]. Далее верхний слой солевого раствора сливался на мембранный фильтр,

установленный в приборе для вакуумного фильтрования, и промывался дистиллированной водой, фильтр помещался на хранение для дальнейшего анализа в чашку Петри.

Результаты. Согласно полученным данным, содержание микропластика полистирола в пробе почвы, отобранной в зоне влияния предприятия по производству продукции из пенополистирола, составило порядка 5,3 г/кг субстрата. Из них 52,8 % приходится на частицы размером от 1 до 5 мм (рисунок 1, а), 47,2 % – на частицы размером менее 1 мм (рисунок 1, б). Обнаруженные частицы пенополистирола представляют собой как отдельные гранулы, так и мелкую крошку.

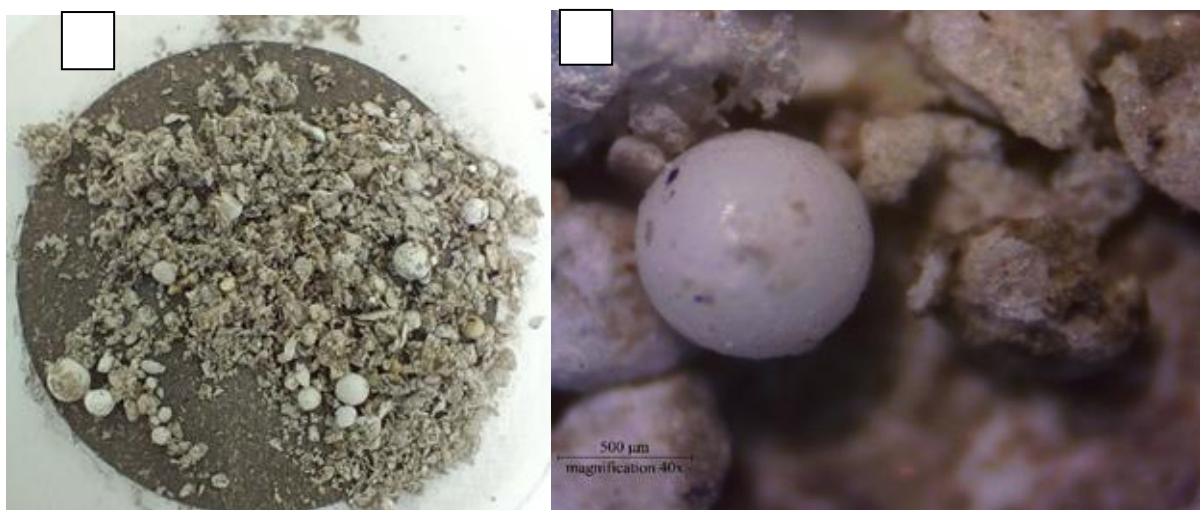


Рисунок 1 – Пример образцов, полученных после использования методики:
 а – крупная фракция, выделенная при помощи водного разделения;
 б – мелкая фракция (сырье), полученное при использовании солевого раствора

Водный раствор позволил отделить около 68 % частиц микропластика полистирола. Несмотря на довольно большой процент извлечения полистирола, в растворе осталось заметное количество мелкой фракции (дробленый пенополистирол, полистирольная крошка, спрессованные гранулы, частицы, слипшиеся с почвой, и сырье), которая извлекалась только с использованием вторичной флотации в плотном солевом растворе.

Использование солевого раствора также дало возможность извлечь другие виды микропластика, присутствующие в почве, например волокна (рисунок 2).

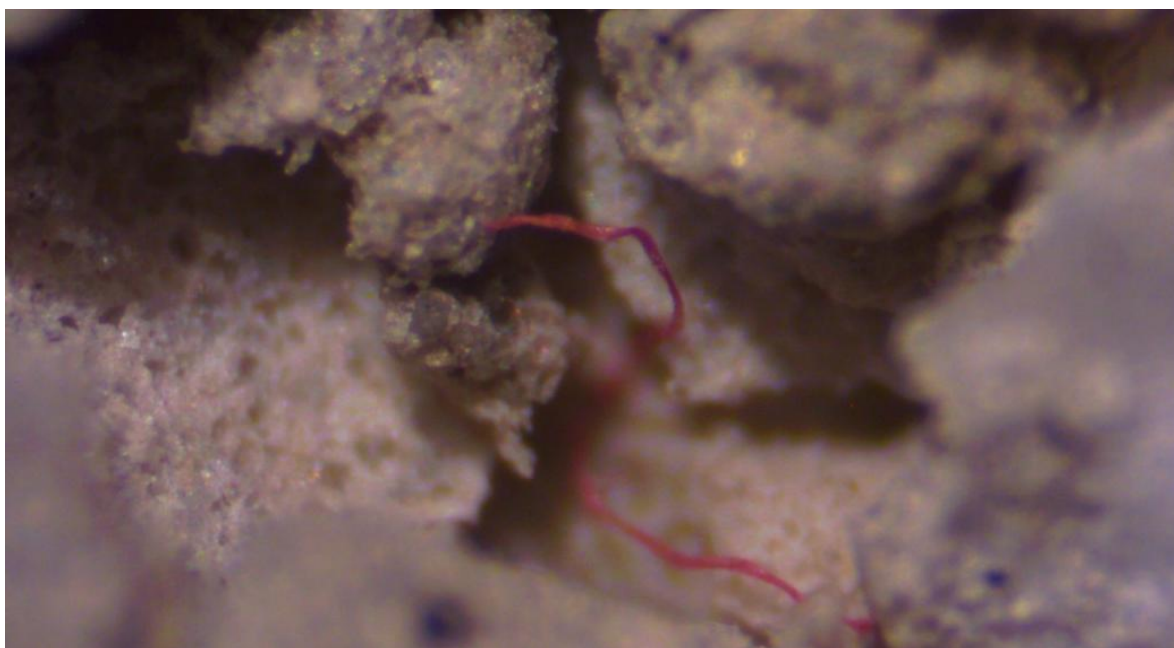


Рисунок 2 – Микрофотография полимерной нити, извлеченной с использованием солевого раствора вместе с частицами пенополистирольной крошки

Заключение. Данная методика позволяет извлекать для дальнейшей оценки легкие частицы пластмасс с плотностью менее $1,2 \text{ г/см}^3$, но впоследствии может быть доработана и расширена путем повышения концентрации соли и, соответственно, плотностей извлекаемых пластмасс и использования более сложных методов удаления органических примесей из почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загрязнение микропластиком природных водоемов: концентрации, риски и методы исследований / Т. А. Ластовина [и др.] // Тр. Юж. науч. центра РАН. – 2020. – Вып. 8. – С. 237–255.
2. Helmberger, M. S. Towards an ecology of soil microplastics / M. S. Helmberger, L. K. Tiemann, M. J. Grieshop // Functional Ecology. – 2020. – Vol. 34, № 3. – P. 550–560.
3. Кухарчик, Т. И. Загрязнение почв микропластиком при производстве пенополистирола / Т. И. Кухарчик, В. Д. Чернюк // Почвоведение. – 2022. – № 3. – С. 370–380.
4. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks / D. He [et al.] // TrAC – Trends in Analytical Chemistry. – 2018. – Vol. 109. – P. 163–172.