

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 3 (33). Сентябрь, 2019

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. Е. Веселов
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов
A. Gugotek B.
J. B. Jakovlev
R. Krasnov
J. P. Kurhinen

Службы поддержки

А. А. Зорина
А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 504.4.054

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ

АГАРКОВА-ЛЯХ

Ирина Владимировна

кандидат географических наук, ФГБНУ Институт природно-технических систем, iva_crimea@mail.ru

СИБИРЦОВА

Елена Николаевна

кандидат биологических наук, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», elenasibircova@yandex.ru

Ключевые слова:

донные грунты
пляжные отложения
гранулометрический состав
микропластик
ситовой метод
проба

Аннотация: Предложен новый подход к оценке микропластикового загрязнения пляжных и донных отложений береговой зоны моря, основанный на изучении их гранулометрического состава. Описана процедура проведения полного гранулометрического анализа отложений в лабораторных условиях с применением ситового метода с промывкой и без промывки водой, адаптированного для условий их возможного загрязнения микропластиком. В настоящее время данный метод проходит апробацию, в ходе которой будут отработаны и усовершенствованы приемы обработки пляжных и донных отложений.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 21 февраля 2019 года

Подписана к печати: 07 октября 2019 года

Введение

В условиях отсутствия естественных механизмов разложения микропластика масштабы его накопления в окружающей среде приобретают ранг планетарной экологической проблемы. В настоящее время лидерство в изучении микропластикового загрязнения Мирового океана принадлежит зарубежным исследователям, чьи работы посвящены методике отбора и обработки проб (Hidalgo-Ruz et al., 2012; Imhof et al., 2012; Claessens et al., 2013; Laboratory..., 2015; Losh, 2015; Löder, Gerdt, 2015; Besley et al., 2016; Kedzierski et al., 2016; Mahat, 2017), оценке загрязнения микропластиком разных экологических зон и районов Мирового океана. Отечественные ученые только начинают исследования в данной области (Зобков, Есюкова, 2018 и др.). Первые наблюдения за распределе-

нием микропластика проведены на пляжах Балтийского и Черного морей, в акватории Японского моря (Блиновская, Якименко, 2018; Есюкова, Чубаренко, 2018; Зобков, Есюкова, 2018; Сибирцова, 2018; Sibirtsova, 2016; Esiukova, 2017).

Одним из слабо изученных аспектов микропластикового загрязнения береговой зоны моря как в зарубежных, так и отечественных работах является роль гранулометрического состава (грансостава) пляжных и донных отложений в накоплении, перемещении и пространственно-временном распределении микропластика. Так, выполненный в статье (Есюкова, Чубаренко, 2018) частичный анализ грансостава пляжей Балтийского моря не позволил установить какой-либо четкой его связи с содержанием микропластика. При этом авторы указанной работы отметили необходимость проведе-

ния развернутого анализа грансостава отложений в перспективе. Вместе с тем полевые исследования на пляжах Севастополя одного из авторов настоящей работы выявили качественные отличия частиц микропластика, обнаруженных в разных слоях пляжных отложений мощностью 5 см при их послойном отборе (Сибирцова, 2018; Sibirtsova, 2016). Таким образом, изучение особенностей поведения частиц микропластика в прибрежно-морских отложениях различного грансостава представляет определенный интерес.

Как известно, гидродинамические факторы (волновая и штормовая деятельность) оказывают определяющее воздействие на формирование толщи пляжно-донных отложений, а вместе с ними и перераспределение частиц микропластика в пределах надводной и подводной частей береговой зоны моря. Значительный вклад в поступление и дифференциацию микропластика в пределах береговой зоны также вносит деятельность человека. То есть процесс поступления и миграции микропластика в пляжных и донных отложениях можно рассматривать как результирующую гидродинамической активности и антропогенной нагрузки на береговую зону моря.

В этой связи авторы исходят из предположения, что распределение микропластика в

толще пляжно-донных отложений и по профилю береговой зоны моря тесно связано с их грансоставом. Для проверки данной гипотезы предлагается метод сопряженного анализа грансостава отложений и их загрязнения микропластиком.

Цель работы – представить новый подход к оценке микропластикового загрязнения пляжных и донных отложений береговой зоны моря, основанный на проведении адаптированной процедуры их полного гранулометрического анализа.

Материалы

Процедура проведения грананализа базируется на основных положениях действующих межгосударственных стандартов (ГОСТ, 2000, 2015), измененных с учетом возможного присутствия в прибрежно-морских отложениях микропластика. Отбор проб проводился в пяти районах береговой зоны Севастопольского региона (рис. 1), отличающихся по рекреационной нагрузке и местным условиям (гидродинамический режим, тип и ширина пляжа, профиль береговой зоны и др.). Точки отбора 2, 4, 5 находятся в бухтах с ослабленным волновым режимом, точка 1 – на открытом побережье, точка 3 – на приустьевом участке. Наибольшую ширину имеют пляжи на точках 1 и 5, наименьшую – 2, 3 и 4.

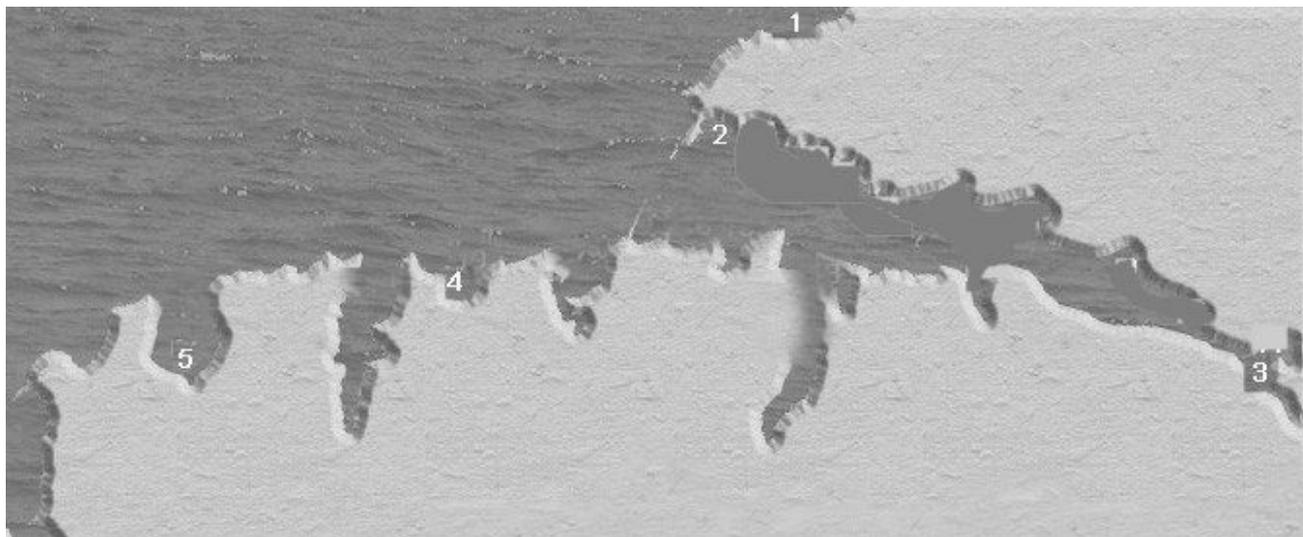


Рис. 1. Районы отбора проб. 1 – пляж «Учкуевка», 2 – пляж «Константиновский», 3 – устье р. Черной, 4 – пляж «Солнечный», 5 – пляж «Омега»

Fig. 1. Sampling areas. 1 – beach "Uchkuevka", 2 – beach "Konstantinovskiy", 3 – mouth of the Black River, 4 – beach "Solnechny", 5 – beach "Omega"

Оригинальные методы исследований

Проведение грананализа является одним из этапов методики комплексного изучения грансостава и микропластикового загрязнения пляжных и донных отложений береговой зоны моря, включающей отбор проб, их грананализ, оценку микропластикового загрязнения и подробно рассмотренной в работе (Сибирцова, Агаркова-Лях, 2019). Стандартная процедура грананализа отложений, проводимая на втором этапе, адаптирована для условий их возможного загрязнения

микропластиком, вносящего коррективы в температуру сушки, интенсивность механического воздействия, использование очищенной (дистиллированной) воды и др. При проведении грананализа применяется ситовой метод с промывкой и без промывки водой. Данный метод позволяет выявлять видимые невооруженным глазом частицы микро- и мезопластика с размерами от 0.25–5 мм до 5–25 мм соответственно. Основные отличия адаптированной процедуры грананализа от стандартной (ГОСТ, 2015) представлены в табл. 1.

Таблица 1. Отличия стандартного грананализа от адаптированного для изучения микропластикового загрязнения

Table 1. Differences of standard grananalysis from adapted to study microplastics contamination

Характеристики и процедуры	ГОСТ 12536-2014	Адаптация метода для изучения микропластикового загрязнения
Квартование и отбор средней пробы	есть	нет
Минимальная масса пробы	от 50 до 2000 г	от 1500 до 4500 г
Растирка при подготовке и просеивании проб	есть	нет
Температура сушки	(105 ± 5) °С (для минеральных проб) (70 ± 5) °С (для органико-минеральных проб)	(50–60 ± 5) °С (для любых проб)
Промывка пробы	водопроводная или профильтрованная дождевая (речная) вода	дистиллированная вода
Отмучивание частиц менее 0.1 мм	под струей воды	в емкости с водой
Процедура выпаривания на песчаной бане после промывки водой	есть	нет

Ниже описана последовательность действий при проведении грананализа пляжных и донных отложений береговой зоны моря.

Необходимое оборудование: набор сит с размером ячеек 10.0; 5.0; 2.0; 1.0; 0.5; 0.25 и 0.1 мм, крышкой и поддоном; лабораторные электронные весы; сушильный шкаф; фарфоровые или металлические чашки; стеклянная емкость (например, стакан-цилиндр); стеклянная или деревянная палочка; резиновая груша; емкости для хранения проб и фракций; этикетки; карандаш. Во избежание риска внешнего загрязнения проб частицами микропластика, при проведении лабораторных работ исключается использование пластиковой посуды, инструментов и одеж-

ды из искусственных материалов.

При наличии ограничений у исследователя для минимизации усилий по доставке и обработке проб стандартная процедура грананализа предполагает их квартование и отбор средней пробы. На наш взгляд, желательнее исключить процедуру квартования при изучении микропластикового загрязнения, т. к. сокращение массы пробы снижает вероятность получения объективной картины количественного содержания частиц микропластика в отложениях.

Ситовой метод без промывки водой применяют для грананализа проб с преобладающим размером частиц от 0.5 до 10.0 мм.

Отобранная проба может быть сухой или

влажной. Влажную пробу сначала высушивают, а затем взвешивают. Сухую пробу сразу взвешивают.

Высушивание пробы. Пробу помещают в предварительно взвешенную фарфоровую или металлическую чашку и высушивают в сушильном шкафу при температуре $(50-60 \pm 5)^\circ\text{C}$ (Hidalgo-Ruz et al., 2012; Laboratory..., 2015; Löder, Gerdt, 2015) до воздушно-сухого состояния.

Взвешивание сухой пробы. Сухую или высушенную пробу взвешивают вместе с фарфоровой или металлической чашкой. Из полученной величины отнимают массу чашки и получают вес сухой пробы. Результат записывают в таблицу расчетов.

Просеивание пробы через набор сит. Для разделения пробы на фракции применяют сита с размером ячеек 10.0; 5.0; 2.0; 1.0 и 0.5 мм. Сита монтируют в колонку, размещая от поддона в порядке увеличения размера ячеек от 0.5 до 10.0 мм. На верхнее сито в несколько приемов высыпая пробу и закрывают крышкой. Просеивают пробу ручным (путем легких ударов ладоней о бока сит) или механизированным способом. Для лучшей экстракции микропластика из органического материала (фрагментов водорослей, кусков дерева и пр.) последний тщательно промывают дистиллированной водой в отдельной емкости, затем воду из емкости сливают через сито с размером ячеек 0.5 мм. Задержавшийся на сите материал перемещают при помощи резиновой груши в предварительно взвешенную чашку, высушивают в сушильном шкафу, взвешивают и значение фиксируют в таблице, высыпая к остальной пробе на верхнее сито.

Полноту просеивания фракций сквозь каждое сито проверяют его встряхиванием над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпаяют на следующее сито. Просев продолжают до тех пор, когда на бумагу перестанут выпадать частицы либо пока количество песка, проходящее через каждое сито в течение 1 мин, не составит менее 0.1 % от всей массы пробы.

Взвешивание фракций и расчет потери массы пробы. Каждую фракцию, задержавшуюся после просеивания на сите, а также прошедшую в поддон, переносят начиная с верхнего сита в заранее взвешенные фарфоровые чашки и взвешивают по отдельности. Полученные значения заносят в таблицу расчетов.

После просеивания пробы суммируют веса всех фракций. Обычно в ходе просеи-

вания происходит незначительная потеря массы пробы относительно ее исходного количества. Если же полученная сумма весов всех фракций более чем на 1 % превышает вес сухой пробы, взятой для анализа, то просеивание повторяют. Потерю пробы при ее просеивании (m_{pr} , г) разносят по всем выделенным фракциям пропорционально их массе (за исключением проб, в которых фракции более 2 мм представлены единичными включениями обломочного материала. В таком случае эти фракции не учитывают при расчетах потери массы пробы). Формула расчета по каждой фракции выглядит следующим образом:

$$M_{fr} = m_{fr} + (m_{pr} \cdot m_{fr}) / m_{pr}, [1]$$

где M_{fr} – масса фракции с учетом потери массы пробы, г; m_{fr} – масса фракции после просеивания, г; m_{pr} – масса пробы после просеивания, г.

Итоги расчетов фиксируют в таблице.

Расчет доли каждой фракции в пробе. После корректировки массы каждой фракции рассчитывают ее долю (Φ , %) в пробе по формуле:

$$\Phi = (M_{fr} \cdot 100\%) / m_s, [2]$$

где m_s – масса сухой пробы, взятой для анализа, г.

Результаты вычисления грансостава отложений следует определять с погрешностью до 0.1 %. Итоги расчетов фиксируют в таблице.

Расфасовка и упаковка фракций. Просеянный по фракциям материал помещают в подготовленные сухие емкости, этикетировывают, подписывают и оставляют в лаборатории до этапа анализа их микропластикового загрязнения.

Ситовой метод с промывкой водой применяют для гранулометрического анализа проб с высоким содержанием частиц размером менее 0.5 мм.

Высушивание и взвешивание пробы осуществляют аналогично процедурам, описанным выше для ситового метода без промывки водой.

Промывка пробы. Для промывки используют дистиллированную воду. Пробу помещают в предварительно взвешенную стеклянную емкость (например, стакан-цилиндр), смачивают ее, а затем заливают водой так, чтобы высота слоя воды была выше поверхности отложений приблизительно на 20 см. Пробу перемешивают стеклянной или деревянной палочкой, взмучивая суспензию, и дают ей отстояться 10–15

с. Промывание пробы посредством взмучивания частиц и сливания воды проводят до полного осветления воды над осадком. Далее сливают воду с неосевшими частицами (взвесью) через сито с размером ячеек 0.1 мм, а остаток частиц на нем смывают при помощи резиновой груши обратно в емкость. После промывки всей пробы воду из емкости аккуратно сливают, а материал промытой пробы помещают в предварительно взвешенную фарфоровую чашку и отправляют в сушильный шкаф.

Высушивание и взвешивание промытой пробы осуществляют аналогично процедурам, описанным выше для ситового метода без промывки водой.

Массу частиц размером менее 0.1 мм (C_g г) определяют по разности между массой сухой пробы, взятой для анализа (m_s), и ее массой после промывки водой и высушивания (m_l). Содержание глинистой фракции вычисляют по формуле [3] с округлением до 0.1.

$$C_g = m_s - m_l [3].$$

Просеивание пробы через набор сит. Для разделения пробы на фракции применяют сита с размером ячеек 10.0; 5.0; 2.0; 1.0; 0.5; 0.25 и 0.1 мм. Сита монтируют в колонку, размещая от поддона в порядке увеличения размера отверстий от 0.1 до 10.0 мм. Далее выполняют действия, описанные выше для ситового метода без промывки водой.

Взвешивание фракций и расчет потери массы пробы, расчет доли каждой фракции

в пробе, расфасовку и упаковку фракций осуществляют аналогично описанным ранее манипуляциям для ситового метода без промывки водой.

Заключение или выводы

Представлен новый подход к изучению поведения микропластика в пляжно-донных отложениях береговой зоны моря, основанный на анализе их грансостава. Для проведения полного грананализа отложений предложен ситовой метод с промывкой и без промывки водой, адаптированный для условий их возможного загрязнения микропластиком.

Проверка предлагаемой авторами методики сопряженного анализа грансостава отложений и их загрязнения микропластиком позволит подтвердить или опровергнуть связь между качественно-количественными характеристиками микропластикового загрязнения и гранулометрическим составом прибрежно-морских отложений.

В случае установления корреляционных зависимостей между грансоставом и содержанием микропластика станет возможным использование первого в качестве индикатора микропластикового загрязнения пляжно-донных отложений. В настоящее время данный метод проходит апробацию в лабораторных условиях, в ходе которой будут отработаны и усовершенствованы приемы обработки материала.

Библиография

- Блиновская Я. Ю., Якименко А. Л. Анализ загрязнения акватории залива Петра Великого (Японского моря) микропластиком // Успехи современного естествознания. 2018. № 1. С. 68–73.
- ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортировка и хранение образцов. М.: МНТКС, 2000. 25 с.
- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.
- Есюкова Е. Е., Чубаренко И. П. Особенности распределения микропластика на песчаных пляжах Калининградской области (Балтийское море) // Региональная экология. 2018. № 1 (51). С. 108–121.
- Зобков М. Б., Есюкова Е. Е. Микропластик в морской среде: обзор методов отбора, подготовки и анализа проб воды, донных отложений и береговых наносов // Океанология. 2018. Т. 58. № 1. С. 149–157.
- Сибирцова Е. Н. Микропластиковое загрязнение грунтов пляжей г. Севастополя в летний период 2016–2017 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. № 1. С. 64–73.
- Сибирцова Е. Н., Агаркова-Лях И. В. Методика изучения микропластикового загрязнения в пляжных и донных отложениях различного гранулометрического состава // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС, 2019. Вып. 1 (35). С. 136–145.
- Besley A., Vijver M. G., Behrens P., Bosker T. Standardized method for sampling and extraction

- methods for quantifying microplastics in beach sand // *Mar. Pollut. Bull.* 2016. Vol. 114 (1). P. 77–83.
- Claessens M., Van Cauwenberghe L., Vandegehuchte M. B., Janssen C. R. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms // *Mar. Pollut. Bull.* 2013. Vol. 70. P. 227–233.
- Esiukova E. Plastic pollution on the Baltic beaches of the Kaliningrad region, Russia // *Mar. Pollut. Bull.* 2017. Vol. 114 (2). P. 1072–1080.
- Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R. T., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the Methods used for identification and quantification // *Environ. Sci. Technol.* 2012. Vol. 46. P. 3060–3075.
- Imhof H. K., Schmid J., Niessner R. et al. A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments // *Limnol. Oceanogr. Methods.* 2012. Vol. 10. P. 524–537.
- Kedzierski M., Tilly V., Bourseau P., Bellegou H., Cesar G., Sire O., Bruzard S. Microplastics elutriation from sandy sediments: a granulometric approach // *Mar. Pollut. Bull.* 2016. Vol. 107 (1). P. 315–323.
- Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C., Herring. C. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Marine Debris Program. Silver Spring. 2015. 31 p.
- Losh S. A proposed method to analyze meso- and microplastic pollution on beaches in Oregon / Honors!Baccalaureate!of!Science in!Environmental!Science. Oregon, 2015. 45 p.
- Löder M. G. J., Gerdt G. Methodology used for the detection and identification of microplastics – a critical appraisal // Bergmann M., Gutow L., Klages M. (eds.). *Marine anthropogenic litter*. Cham, 2015. P. 201–227.
- Mahat S. Separation and quantification of Microplastics from Beach and Sediment samples using the Bauta microplastic – sediment separator. Oslo, 2017. 60 p. DOI: <http://hdl.handle.net/11250/2459114>.
- Sibirtsova E. The Black Sea and microplastics: Sevastopol beaches monitoring // Conference Paper: EMECS 11 – SEA COASTS XXVI. JOINT CONFERENCE. Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. St. Peterburg, 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/314105559_THE_BLACK_SEA_AND_MICROPLASTICS_SEVASTOPOL_BEACHES_MONITORING (дата обращения: 20.12.2018).

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и города Севастополя в рамках научного проекта № 18-44-920014 p_a, а также по госбюджетной теме ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ РАН № 0828-2018-0005 и госбюджетной теме ИПТС №0012-2019-0007.

ADAPTATION OF A METHOD OF THE GRANULOMETRIC ANALYSIS FOR STUDYING OF MICROPLASTIC POLLUTION OF DEPOSITS OF A COASTAL ZONE OF THE SEA

AGARKOVA-LYAKH
Irina Vladimirovna

PhD, Institute of Natural and Technical Systems, iva_crimea@mail.ru

SIBIRTSOVA
Elena Nikolaevna

PhD, The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, elenasibircova@yandex.ru

Key words:

bottom soils
beach sediments
granulometric
composition
microplastic
sieve method
sample

Summary: A new approach to the assessment of microplastic pollution of beach and bottom sediments of the coastal zone of the sea based on the study of their particle size distribution is proposed. A standard procedure for carrying out a complete granulometric analysis of the sediments in laboratory conditions is described. It uses the sieve method with and without washing with water adapted to the condition of their possible contamination with microplastics. Currently, this method is receiving practical approval during which the methods of processing beach and bottom sediments will be worked out and improved.

Received on: 21 February 2019

Published on: 06 October 2019

References

- Besley A., Vijver M. G., Behrens P., Bosker T. Standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand, *Mar. Pollut. Bull.* 2016. Vol. 114 (1). P. 77–83.
- Blinovskaya Ya. Yu. Yakimenko A. L. The analysis of microplastics pollution of the water area of Peter the Great Bay (Sea of Japan), *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2018. No. 1. P. 68–73.
- Claessens M., Van Cauwenberghe L., Vandegehuchte M. B., Janssen C. R. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms, *Mar. Pollut. Bull.* 2013. Vol. 70. P. 227–233.
- Esiukova E. Plastic pollution on the Baltic beaches of the Kaliningrad region, Russia, *Mar. Pollut. Bull.* 2017. Vol. 114 (2). P. 1072–1080.
- Esyukova E. E. Chubarenko I. P. Peculiarities of microplastic distribution on the sandy beaches of Kaliningrad region (Baltic Sea), *Regional'naya ekologiya*. 2018. No. 1 (51). P. 108–121.
- GOST 12071-2000. Soils. Sampling, packaging, transportation and storage of samples. M.: MNTKS, 2000. 25 p.
- GOST 12536-2014. Soils. Methods of laboratory determination of grain (particle size) and microaggregate composition. M.: Standartinform, 2015. 22 p.
- Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R. T., Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the Methods used for identification and quantification, *Environ. Sci. Technol.* 2012. Vol. 46. P. 3060–3075.
- Imhof H. K., Schmid J., Niessner R. et al. A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments, *Limnol. Oceanogr. Methods*. 2012. Vol. 10. P. 524–537.
- Kedzierski M., Tilly V., Bourseau P., Bellegou H., Cesar G., Sire O., Bruzard S. Microplastics elutriation from sandy sediments: a granulometric approach, *Mar. Pollut. Bull.* 2016. Vol. 107 (1). P. 315–323.
- Löder M. G. J., Gerdt G. Methodology used for the detection and identification of microplastics – a critical appraisal, Bergmann M., Gutow L., Klages M. (eds.). *Marine anthropogenic litter*. Cham, 2015. P. 201–227.
- Losh S. A proposed method to analyze meso- and microplastic pollution on beaches in Oregon, Honors!Baccalaureate!of!Science in!Environmental!Science. Oregon, 2015. 45 p.
- Mahat S. Separation and quantification of Microplastics from Beach and Sediment samples using the Bauta

- microplastic – sediment separator. Oslo, 2017. 60 p. DOI: <http://hdl.handle.net/11250/2459114>.
- Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C., Herring. C. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment. Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. NOAA Marine Debris Program. Silver Spring. 2015. 31 p.
- Sibirtsova E. N. Lyah I. V. The method of studying microplastics pollution in the beach and bottom sediments of different granulometric composition, Sistemy kontrolya okruzhayushey sredy. Sevastopol': IPTS, 2019. Vyp. 1 (35). P. 136–145.
- Sibirtsova E. N. Microplastics pollution of Sevastopol beaches sediment in summer 2016–2017, Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya. 2018. No. 1. P. 64–73.
- Sibirtsova E. The Black Sea and microplastics: Sevastopol beaches monitoring, Conference Paper: EMECS 11 – SEA COASTS XXVI. JOINT CONFERENCE. Managing risks to coastal regions and communities in a changing world. St. Peterburg, 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/314105559_THE_BLACK_SEA_AND_MICROPLASTICS_SEVASTOPOL_BEACHES_MONITORING (data obrascheniya: 20.12.2018).
- Zobkov M. B. Esyukova E. E. Microplastic in the marine environment: review of methods of selection, preparation and analysis of water samples, sediments and coastal sediments, Okeanologiya. 2018. T. 58. No. 1. P. 149–157.