

МИКРОПЛАСТИК В АЗОВСКОМ МОРЕ

А.Е. Глушко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
arinaglushko01@gmail.com

Аннотация. Загрязнение морской среды микропластиком представляет собой серьезную экологическую проблему. В исследовании представлена оценка концентраций микропластика в средах Азовского моря, а также анализ его морфологических и морфометрических характеристик, степени деградации и путей разрушения, а также химического состава. Определение микропластика проводилось по модифицированному методу NOAA.

В ходе исследования были отобраны 72 пробы пляжевых отложений, 27 проб донных отложений и 51 проба воды. Средняя концентрация частиц микропластика составила 69 шт/кг в донных отложениях, 45,2 шт/кг – на пляжах, 2,8 шт/л – в воде Азовского моря. Были выделены зоны с повышенным уровнем загрязнения микропластиком: северная и восточная части Таганрогского залива, Восточное Приазовье и Керченское предпроливье. В распределении МП по профилю пляжа для всех исследуемых районов четко прослеживается его накопление в тыльной части пляжа и в зоне заплеска. Анализ с использованием стереомикроскопа Микромед МС-1 вар. 2С Digital выявил преобладание полупрозрачных волокон размером до 1 мм во всех образцах. С помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LMU установлено, что микропластик активно деградирует в морской среде в результате расслоения, растрескивания и расщепления. Анализ с применением ИК-Фурье-спектрометра позволил определить тип полимеров, включающих полистирол, полиэтилен, полипропилен и другие вещества.

Ключевые слова: пластиковый мусор, загрязнение вод, микропластик, морфологические характеристики, морфометрические характеристики, Азовское море.

Введение. Пластик является важной составляющей повседневной жизни современного человека. Мировое производство пластмасс резко возросло – с 1,5 млн т в 1950-х гг. до более чем 335 млн т в последние годы, при этом значительная их часть потенциально попадает в морскую среду в результате неправильного обращения с отходами [1]. Крупные пластиковые отходы, подвергаясь фрагментации под воздействием физических, химических и биологических процессов, разрушаются до размеров менее 5 мм, переходя в разряд микропластика [2].

Береговая зона Азовского моря активно осваивается в рекреационных целях и находится под воздействием стоков и выбросов крупных городов, таких как Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог, Ейск, а также морского транспорта. В результате уровень загрязнения бытовыми отходами, включая пластиковый мусор, в этом регионе остается очень высоким. Проведенные исследования позволили получить целостное представление о загрязнении микропластиком, определить его источники и выделить основные зоны воздействия в акватории Азовского моря.

Материалы и методы. Пробы пляжевых отложений отбирались на площади 50 × 50 см с по-

верхности пляжей в трех зонах, а именно: 1) на тыльной стороне пляжа; 2) на линии максимального штормового заплеска; 3) на урезе. В общей сложности было собрано 72 образца, представляющих 24 различных пляжных зон побережья Азовского моря.

Отбор проб донных отложений проводился при помощи дночерпателя Петерсена на 27 станциях, объемом 3 л каждая. Образцы перевозили в хлопковых мешках и ведрах.

Отбор воды осуществлялся из поверхностного слоя. Все пробы были отобраны в объеме 1 л. Всего была отобрана 51 проба воды: 27 проб в открытом море и 24 – в береговой зоне на урезе.

Пробы воды, пляжевых и донных отложений, согласно модифицированному методу NOAA, после просеивания и сушки разделялись по плотности при помощи насыщенного раствора $ZnCl_2$. Проводилось окисление органических веществ в пробе с использованием 30 % H_2O_2 и раствора катализатора при температуре 75 °С с последующей фильтрацией. Визуальная оценка выполнялась с помощью микроскопа с увеличением до 40 × [3; 4]. Степень деградации обнаруженных частиц микропластика определялась на растровом электронном микроскопе VEGA II LMU производства

фирмы Tescan. Тип полимеров микропластика исследовался с помощью ИК-Фурье-спектрометров JASCO FT/IR-6800 и ФСМ 2202.

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования показали, что пластиковый мусор присутствует в 100 % проб донных и пляжевых отложений, и в 98 % проб воды. Согласно результатам исследования, среднее количество фрагментов МП в одном килограмме пляжевых отложений составляет 45,2 частицы, и 69 частиц в донных отложениях. Среднее содержание МП в воде составляет 2,8 шт/л (рис. 1). Анализ про-

странственного распределения частиц МП показал, что зонами повышенных концентраций МП являются северная и восточная часть Таганрогского залива, Восточное Приазовье и Керченское предпроливье. В распределении МП по профилю пляжа для всех исследуемых районов четко прослеживается его накопление в тыльной части пляжа и в зоне заплеска. МП был зафиксирован во всех типах донных осадков, однако самое высокое содержание было характерно для песков и алевритовых илов, залегающих в прибрежной зоне [5; 6].

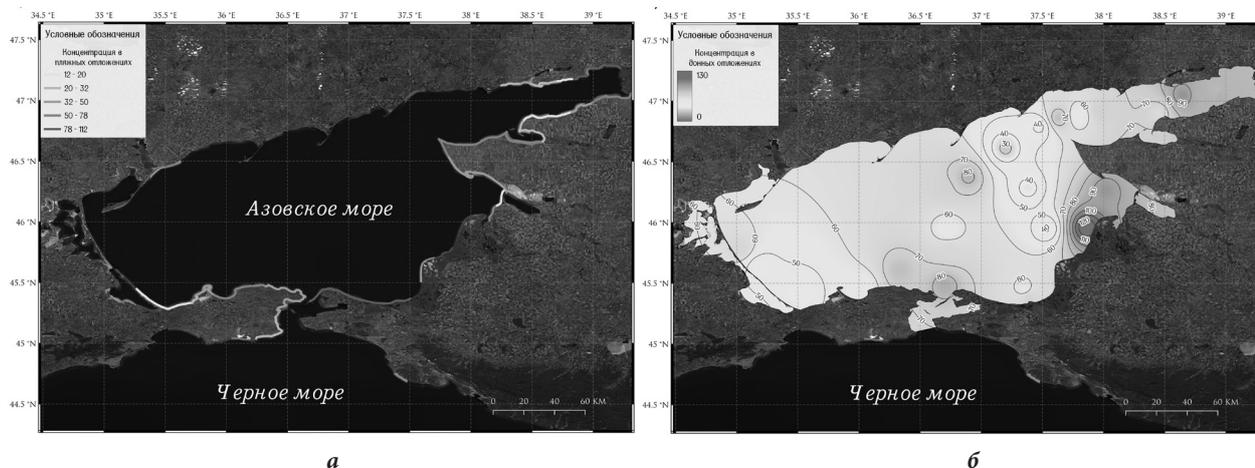


Рис. 1. Содержание частиц микропластика в (а) пляжевых (шт/кг) и (б) донных отложениях (шт/кг) Азовского моря (составлено автором)

Морфологические характеристики микропластика, обнаруженного в воде, донных и пляжных отложениях, указывают на повсеместное преобладание прямых или изогнутых синтетических волокон, пленок и фрагментов пластика различной толщины. Найденные частицы демонстрируют незначи-

тельное цветовое разнообразие (рис. 2). Преобладают прозрачные частицы, составляющие 68,3 %, 90 % и 70,8 % от общего количества в воде, донных и пляжных отложениях соответственно. Также присутствуют черные частицы (13,4 %, 7,5 % и 10 %), реже встречаются белые (2,8 %, 0,5 % и 5,5 %) и др.

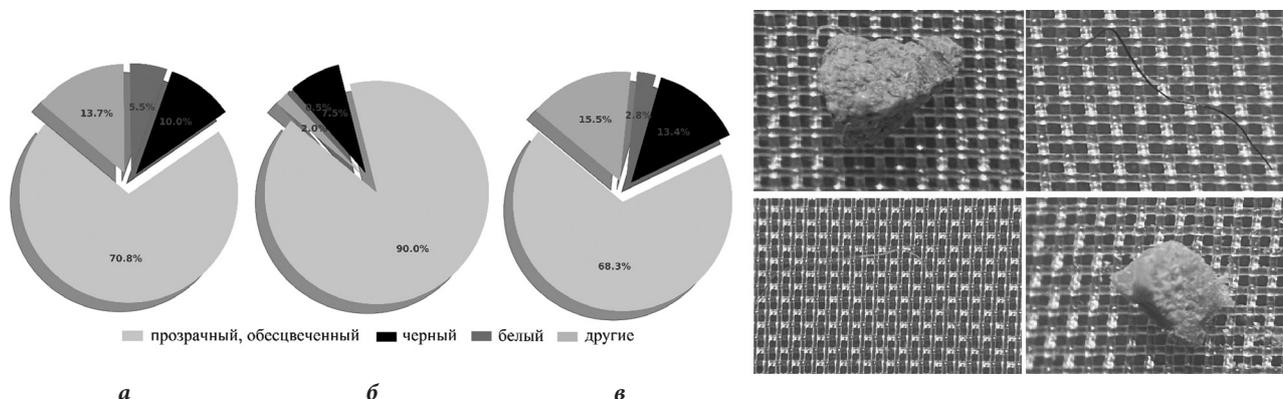


Рис. 2. Цветовая гамма микропластика в пляжевых (а) и донных отложениях (б), в воде (в) Азовского моря, % (фото со стереомикроскопа Микромед МС-1 вар. 2С Digital) (составлено автором)

Типы деградации пластика были исследованы с использованием растрового электронного микроскопа (VEGA II LMU). Анализ 31 типичного образца показал различные виды деградации микропластика, включая расслаивание, растрескивание, расщепление и другие формы разрушения (рис. 3).

Для определения типов полимеров, из которых состоят обнаруженные частицы микропластика, использовались ИК-Фурье-спектрометры JASCO

FT/IR-6800 и ФСМ 2202. Основное внимание было уделено прозрачным волокнам, так как они составляли большинство зафиксированных частиц; после этого исследовались остальные образцы. В результате анализа идентифицированы различные типы полимеров, такие как полиэтилен (включая полиэтилен высокой (ПЭВД) и низкой плотности (ПЭНД)), полипропилен (ПП), полиэтилентерефталат (ПЭТФ) и др. (рис. 4).

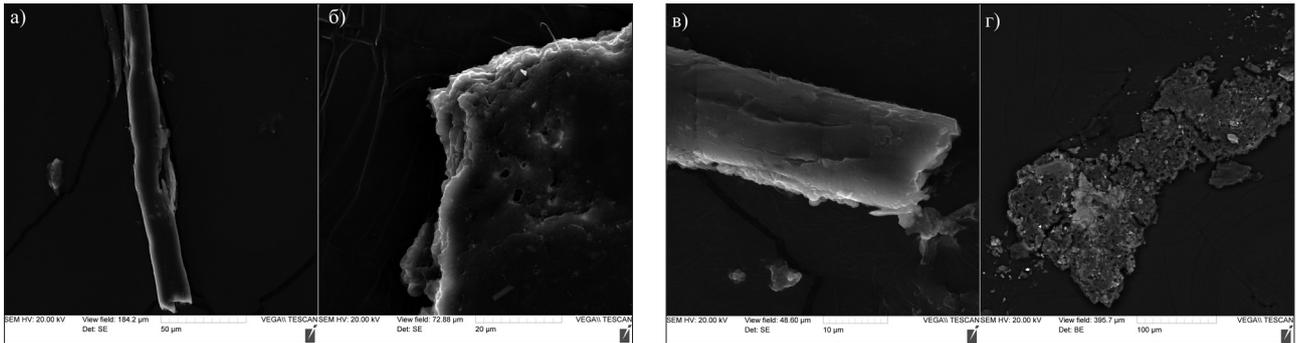


Рис. 3. Виды деградации частиц микропластика (фото с растрового электронного микроскопа VEGA II LMU производства фирмы Tescan): а – расщепление, б – расслоение, в, г – растрескивание

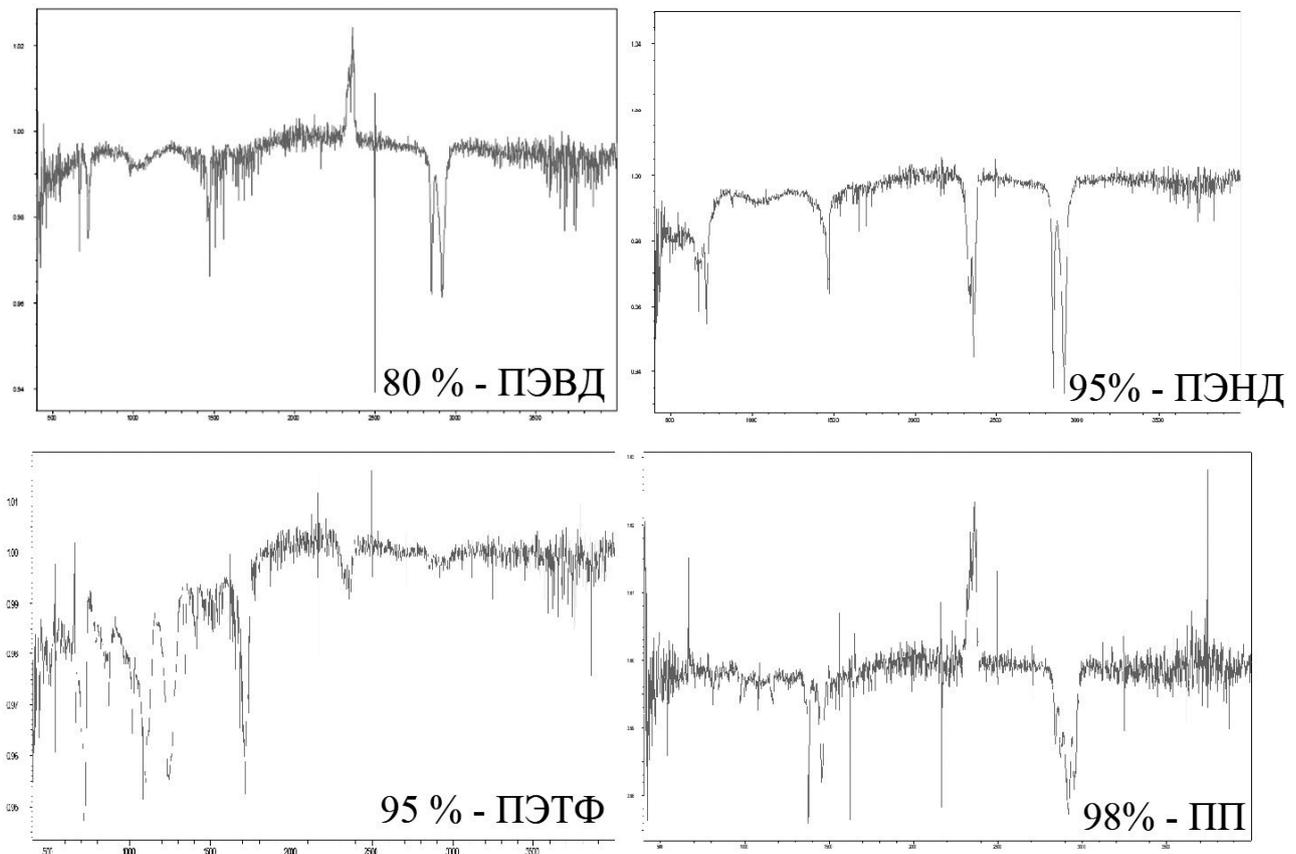


Рис. 4. Идентификация микропластика с помощью ФСМ 2202

Список литературы

1. *Alimba C.G., Faggio C.* Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2019. Vol. 68. P. 61–74. DOI: 10.1016/j.etap.2019.03.001.
2. *Thompson R.C., Olsen Y.S., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John A.W.G., McGonigle D., Russel A.E.* Lost at sea: Where is all the plastic? // *Science*. 2004. Vol. 304(5672). P. 838. DOI: 10.1126/science.1094559.
3. *Masura J.E., Baker J.E., Foster G., Arthur C.* Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in water and sediments // *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*. 2015. 31 p. URL: https://www.mwa.co.th/wp-content/uploads/2023/01/1-NOAA_microplastics_methods.pdf
4. *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.
5. *Глушко А.Е., Беспалова Л.А.* Микропластик в пляжных отложениях Азовского моря: морфологические и морфометрические особенности // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 2021. № 1. С. 99–110. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-1-99-110.
6. *Глушко А.Е., Беспалова Л.А., Беспалова Е.В., Картамышева Т.Б.* Загрязнение микропластиком донных отложений Азовского моря // *Наука Юга России*. 2021 Т. 17. № 2. С. 57–65. DOI: 10.7868/S25000640210206.

MICROPLASTICS IN THE AZOV SEA

A.E. Glushko

Southern Federal University, Rostov-on-Don
arinaglushko01@gmail.com

Abstract. Pollution of the marine environment by microplastics is a significant environmental problem. The objective of this study is to assess microplastic concentrations in the Azov Sea media, and to analyze their morphological and morphometric characteristics, degradation level and degradation pathways, as well as chemical composition. Microplastic was determined using the modified NOAA method.

During the study were collected 72 beach sediment samples, 27 bottom sediment samples and 51 water samples. The average concentration of microplastic particles amounted to 69 pcs/kg in bottom sediments, 45,2 pcs/kg on beaches, 2,8 pcs/liter in Azov Sea water. Areas with elevated levels of microplastic pollution were identified: the northern and eastern parts of the Taganrog Bay, Eastern Azov region, and the Kerch Strait area. In the distribution of microplastics across the beach profile for all investigated areas clearly shows its accumulation in the backshore and in the splash zone. Analysis using stereomicroscope Micromed MS-1 var. 2C Digital revealed the predominance of translucent fibers up to 1 mm in size in all samples. Analysis using a VEGA II LMU scanning electron microscope revealed that the microplastic actively degrades in the marine environment, through delamination, cracking and splitting. Analysis using FTIR spectrometry identified the type of polymers including polystyrene, polyethylene, polypropylene, and others.

Keywords: plastic debris, water pollution, microplastics, morphological characteristics, morphometric characteristics, Azov Sea.

References

1. Alimba C.G., Faggio. C. 2019. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 68: 61–74. DOI: 10.1016/j.etap.2019.03.001. (In English).
2. Thompson R.C., Olsen Y.S., Mitchell R.P., Davis A., Rowland S.J., John A.W.G., McGonigle D., Russel A.E. 2004. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*. 304(5672): 838. DOI: 10.1126/science.1094559. (In English).
3. Masura J.E., Baker J.E., Foster G., Arthur C. 2015. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in watersand sediments. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*: 31 p. URL: https://www.mwa.co.th/wp-content/uploads/2023/01/1-NOAA_microplastics_methods.pdf (In English).
4. Zobkov, Mikhail & Esiukova, Elena. 2018. Microplastics in a Marine Environment: Review of Methods for Sampling, Processing, and Analyzing Microplastics in Water, Bottom Sediments, and Coastal Deposits. *Oceanology*. 58(1): 137–143. DOI: 10.1134/S0001437017060169. (In Russian).
5. Glushko A.E. and Bespalova L.A. 2021. Microplastics in Beach Sediments of the Sea of Azov: Morphological and Morphometric Features. In: *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon morya*. [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea]. 1: 99–110. DOI:10.22449/2413-5577-2021-1-99-110. (In Russian).
6. Glushko A.E., Bespalova L.A., Bespalova E.V., Kartamysheva T.B. 2021. Microplastic pollution of bottom sediments of the Azov Sea. *Science of the South of Russia*. 17(2): 57–65. DOI: 10.7868/S25000640210206. (In Russian).