

Микропластик в пляжевых отложениях Азовского моря: морфологические и морфометрические особенности

А. Е. Глушко*, Л. А. Беспалова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

**e-mail: arinaglushko01@gmail.com*

Поступила 21.12.2020 г.; принята к публикации 17.02.2021 г.; опубликована 25.03.2021 г.

Целью исследования является оценка концентраций микропластика на пляжах рекреационных зон Азовского моря, изучение его морфологических особенностей и размерного состава частиц, степени и путей деградации. В ходе исследования было отобрано 126 проб пляжевых отложений на 14 пляжах Азовского моря и Керченского пролива. Обработка проб проводилась по модифицированному методу *NOAA*. Проведенный анализ показал, что частицы данного загрязнителя присутствуют в 100 % проб. Концентрация частиц микропластика в образцах песка из различных районов пляжа варьирует от 12 до 112 шт. на 1 м² пляжа. Самое большое количество обнаружено на пляжах г. Таганрога и пос. Ильич. Морфологические особенности частиц исследовались с помощью стереомикроскопа Микромед МС-1 вар. 2С *Digital*. Установлено, что во всех отобранных образцах преобладают полупрозрачные волокна и пленки. Исследование размерного состава микропластика показало, что самыми частыми по встречаемости в пробах являются частицы размером 0.2 мм, медиана размерного ряда составляла 0.5 мм. С помощью растрового электронного микроскопа *VEGA II LMU* определены виды деградации микропластика. Зафиксировано расслоение, растрескивание и расщепление.

Ключевые слова: пластиковый мусор, микропластик, пляжевые отложения, морфологические характеристики, морфометрические характеристики, Азовское море.

Благодарности: авторы выражают свою благодарность и признательность Ю. В. Попову, руководителю «Центра исследований минерального сырья и состояния окружающей среды» ЮФУ, за помощь в исследовании частиц микропластика на растровом электронном микроскопе *VEGA II LMU*.

Работа выполнена в рамках научного проекта РФФИ № 18-05-80082 по теме «Закономерности формирования опасных береговых процессов в Азовском море и социально-экономические последствия их проявлений».

Для цитирования: Глушко А. Е., Беспалова Л. А. Микропластик в пляжевых 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

© Глушко А. Е., Беспалова Л. А., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

Microplastics in Beach Sediments of the Sea of Azov: Morphological and Morphometric Features

A. E. Glushko*, L. A. Bespalova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

**e-mail: arinaglushko01@gmail.com*

Submitted 21.12.2020; revised 17.02.2021; published 25.03.2021

This paper aims at assessment of microplastics concentrations on the beaches of the Sea of Azov and research of morphological features, size of particles, level and ways of degradation (or destruction) of microplastics. During the study, 126 samples of beach deposits were taken at 14 points of the beaches of the Sea of Azov and Kerch Strait. The samples were processed using the modified method NOAA. The analysis showed pollutant's presence in 100 % of the samples. The concentration of microplastics particles in sand samples from different areas of the beach varies from 12 to 112 pieces per 1 m². The highest concentration was found on the beaches in Taganrog and the village of Ilyich. Morphological features of the particles were studied using a stereo microscope (Micromed MC-1 2C Digital). Translucent fibres and membranes prevailed in all the samples. Study of size frequency showed that the most frequently observed are particles of 0.2 mm, the median of size range being 0.5 mm. Types of microplastics degradation were determined using a scanning electron microscope (VEGA II LMU). Dissection, fracturing, and splitting were recorded.

Keywords: plastic litter, microplastics, beach deposits, morphological features, morphometric features, Sea of Azov.

Acknowledgments: the authors express their gratitude and appreciation to Yu.V. Popov, head of the Center for Research of Mineral Raw Materials and the State of the Environment (Southern Federal University), for his help in the study of microplastics particles using a scanning electron microscope VEGA II LMU. The research was performed as part of the RFBR scientific project no. 18-05-80082: "The regularities of the formation of hazardous coastal processes in the Sea of Azov and the socio-economic consequences of their acts".

For citation: Glushko, A.E. and Bespalova, L.A., 2021. Microplastics in Beach Sediments of the Sea of Azov: Morphological and Morphometric Features. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (1), pp. 99–110. doi:10.22449/2413-5577-2021-1-99-110 (in Russian).

Введение

Пластик – это универсальный, долговечный материал, который широко используется с XX в. благодаря его физико-химическим свойствам, обеспечивающим прочность, легкость и длительный срок эксплуатации. Сегодня пластик можно назвать одним из наиболее востребованных материалов, который используется практически во всех областях промышленности, из-за низкой стоимости его производства и универсальности использования [1].

Мировое производство пластика увеличивается из года в год. В то время как некоторые пластиковые отходы перерабатываются, большинство из них попадает на свалку, где для распада и разложения такого материала могут потребоваться годы [2]. Особую озабоченность вызывают фрагменты пластика,

поступающие в морскую среду [3]. Находясь в воде, пластиковые продукты постепенно разрушаются в результате воздействия солнечного света, окисления или физического волнового воздействия и течений, из-за чего образуется огромное количество мега- (> 1 м), макро- (> 25 мм), мезо- (< 25 мм), микро- (< 5 мм) и наночастиц (< 1 мкм) [4]. Плотность пластика близка к плотности воды, поэтому синтетический мусор легко выносится с водосборной территории в озера и реки, а через них поступает в моря и Мировой океан [5, 6].

Из-за небольшого размера микропластик считается биодоступным для организмов по всей пищевой цепи. Данная проблема представляет большую опасность для морских организмов, так как частицы пластика способны адсорбировать на своей поверхности различные стойкие органические загрязнители и тяжелые металлы [7, 8]. Как следствие, они становятся вторичным источником и проводником поступления загрязнителей в водные организмы.

Множество существующих экологических проблем Азовского моря (загрязнение нефтепродуктами, ПАУ, пестицидами и тяжелыми металлами) связаны с попаданием в его экосистему промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов. Пластиковый мусор в море и на пляжах – это не только эстетическая проблема, но и источник механического и химического загрязнения. Несмотря на повсеместное распространение пластикового загрязнения, эта проблема остается слабоизученной [9].

Пляжи и косы Азовского моря в основном находятся в зоне городских и сельских поселений и активно используются для рекреации. Эти участки очень сильно загрязнены продуктами антропогенной деятельности, среди которых преобладает пластиковый мусор различного состава. В ходе предыдущего исследования на объектах рекреации (косы Павло-Очаковская и Чумбурская) были обнаружены многочисленные свалки мезо- и макропластика [10]. Все пляжи – это зона активных гидродинамических процессов, где происходит переработка не только естественно отложенного материала, но и пластика до состояния микрочастиц. Вопрос о количестве невидимого невооруженным глазом пластика остается открытым. В связи с этим целью исследования является оценка концентраций микропластика на пляжах Азовского моря, а также исследование его морфологического разнообразия, особенностей размерного состава частиц, степени и путей деградации.

Материалы и методы

Пляжи Азовского моря формируются в разных геологических и литодинамических условиях. На долю аккумулятивных берегов (пляжи и косы) приходится более 25 % побережья. Преимущественный состав пляжей – это мелко- и среднезернистые пески.

Для осуществления данного исследования были выбраны районы, различающиеся антропогенной нагрузкой: 1) отдаленные пляжи Чумбурской и Ясеньской кос; 2) малопосещаемые пляжи у п.г.т. Приазовский и ст-цы Камышеватской и др.; 3) самые крупные и популярные в регионе курортные районы городов Таганрога и Ейска, к. Должанской.

В ходе экспедиционных исследований было обнаружено значительное количество мусора (особенно в зоне заплеска) различной природы, в том числе пластика всех размерных диапазонов. Отбор проб пляжевых отложений проводился с поверхности пляжей на площади 50×50 см (толщина отбора проб – 1 см) в трех точках: на тыльной стороне пляжа, на линии максимального штормового заплеска и на уресе. Площадь отбора ограничивалась при помощи линейки. Для отбора образцов были использованы простые приспособления, такие как металлическая ложка и совок. Все образцы были упакованы в новые специализированные пакеты с маркировкой. Всего было отобрано и проанализировано 126 образцов из 14 районов на побережье Азовского моря.

В лаборатории для дальнейшей обработки к образцам был применен модифицированный метод *NOAA*, включающий в себя следующие этапы: просеивание, плотностное разделение, фильтрование, очистка проб от органического материала, сушка и идентификация микропластика с помощью микроскопа [11, 12].

Все образцы высушивали при комнатной температуре, накрыв трехслойной мелкоячеистой сеткой с размером ячеек 100 мкм, и рассеивали через каскад сит из нержавеющей стали (0.2–5 мм). Просеянные образцы взвешивали на лабораторных весах (точность 0.1 г) и подвергали плотностному разделению в растворе $ZnCl_2$ (плотностью 1.6 г/см^3) [1]. Для отделения образца от органического материала проводилось его окисление с использованием H_2O_2 (30 %) при температуре $75 \text{ }^\circ\text{C}$ с добавлением катализатора. Так фрагменты пластика оставались нетронутыми, а органика растворялась. После полного остывания исследуемого образца оставшиеся нерастворенные фрагменты подвергались фильтрации через мелкоячеистую сетку (100 мкм). После полного высыхания частиц на фильтре обнаруженный в образцах микропластик исследовали с помощью стереоскопического микроскопа (Микромед МС-1 вар. 2С *Digital*) с увеличением от 20 до $40\times$ на поверхности фильтра и вручную описывали его различные характеристики (размер, цвет, форма).

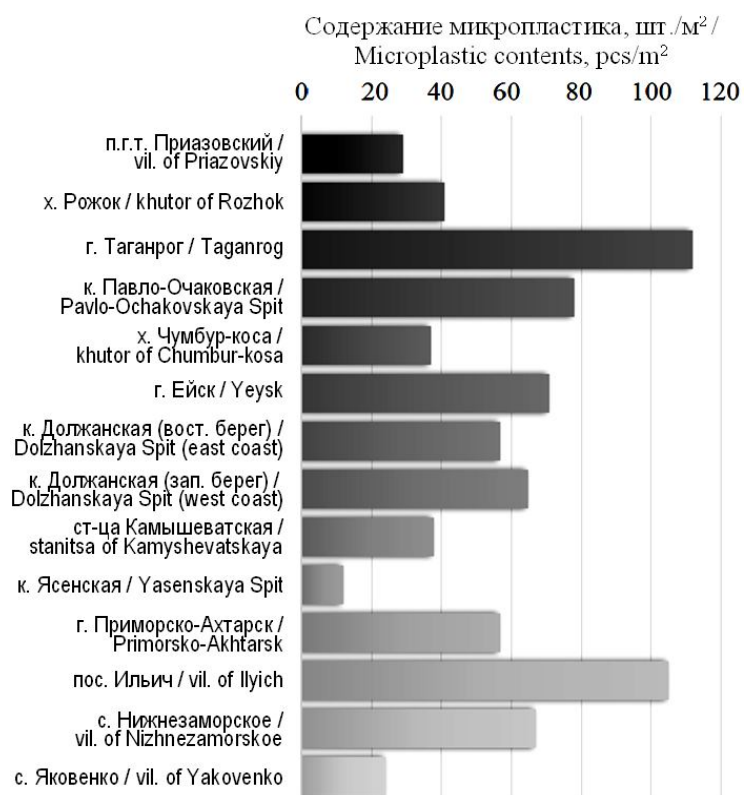
При идентификации частиц микропластика мы руководствовались критериями, описанными в работах [13–15], а именно: у частиц отсутствуют клеточная структура и другие органические формы; нити (волокна) не сегментированы и имеют равномерную окраску и толщину по всей длине; цветные фрагменты окрашены однородно.

Для более детального изучения деградации различных обнаруженных фрагментов микропластика часть образцов подверглась электронно-зондовому исследованию, выполненному с использованием растрового электронного микроскопа *VEGA II LMU* производства фирмы *Tescan*. Поверхность всех образцов напыляли углеродом в напылительной установке *Emitech K450*.

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что пластиковый мусор присутствует в 100 % проб пляжевых отложений. Согласно полученным результатам, среднее содержание микропластика на 1 м^2 пляжа составляет 57 частиц (рис. 1).

Самыми загрязненными микропластиком оказались пляжи крупного промышленного центра – г. Таганрога (112 шт./м^2), а также пос. Ильич (105 шт./м^2), находящегося в зоне влияния черноморского течения из Керченского пролива. Высокий уровень концентрации микропластика зафиксирован



Р и с. 1. Содержание микропластика в пляжевых отложениях Азовского моря

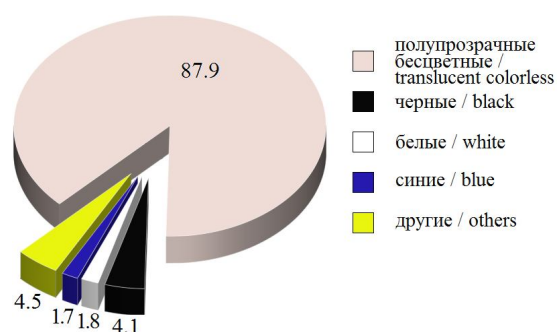
Fig. 1. Microplastic contents in beach deposits of the Sea of Azov

также на пляжах к. Павло-Очаковской – рекреационного объекта прилегающих городов Ростова-на-Дону и Азова. Чистыми являются пляжи Ясенской косы (12 шт./м²) и пос. Яковенко (24 шт./м²) – районов сельских поселений.

В распределении пластика по профилю пляжа четко прослеживается его накопление на тыльной части пляжа, что связано с антропогенной деятельностью (свалки), и на линии заплеска. Так, например, на тыльной части пляжа к. Павло-Очаковской концентрация частиц микропластика в среднем по всем точкам отбора достигала 26 шт./м², на линии заплеска – 32 шт./м² и на уресе – 20 шт./м². Такая закономерность распределения пластика характерна почти для всех исследуемых районов.

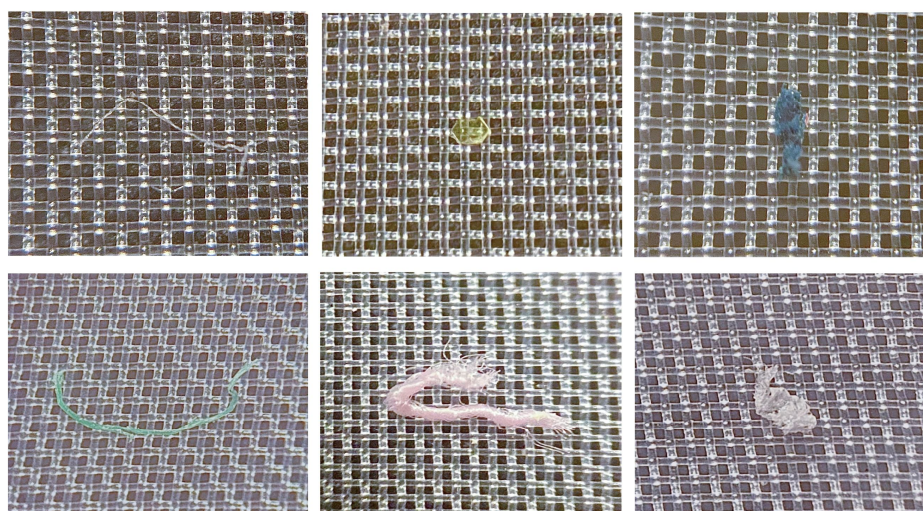
Морфология микропластика, обнаруженного на пляжах Азовского моря, не отличается большим разнообразием: преобладают прямые или изогнутые синтетические нити (волокна), а также пленки и ломаные фрагменты пластика различной толщины.

Микропластик имеет разнообразную цветовую гамму (рис. 2, 3). Преобладают полупрозрачные бесцветные частицы (87.9%), встречаются черные (4.1%), редко белые непрозрачные (1.8%) и синие фрагменты (1.7%), зафиксированы единичные экземпляры зеленого, красного, розового, фиолетового и коричневого цветов (4.5%).



Р и с . 2 . Цветовая гамма микропластика в пляжевых отложениях Азовского моря, %

F i g . 2 . Colour range of microplastics in beach sediments of the Sea of Azov, %



Р и с . 3 . Морфология и цвет обнаруженных частиц (фото со стереомикроскопа Микромед МС-1 вар. 2С Digital)

F i g . 3 . Morphology and colour of detected particles (stereo microscope photo MS-1 var.2C Digital)

Из всех просмотренных проб наиболее разнообразен микропластик (как по цвету, так и по морфологическим особенностям) пляжевых отложений Таганрога и пос. Ильич, т. е. там, где он был обнаружен в больших количествах.

В ходе исследования был определен размер (длина) всех обнаруженных частиц микропластика с использованием статистических методов обработки. Получены среднестатистические характеристики для всех пляжей в целом и для отдельных участков береговой зоны Азовского моря: среднее арифметическое значение ряда (\bar{x}), мода (M_o) и медиана (M_e) ряда и стандартное отклонение (σ) (табл.).

Так, средний размер (\bar{x}) частиц микропластика достигает 0.6 мм, при стандартном отклонении (σ) 0.5 мм. Самые часто встречающиеся частицы (M_o) – 0.2 мм, (M_e) ряда составляет 0.5 мм. Наиболее крупные частицы

Размеры обнаруженных частиц микропластика

Size of detected microplastic particles

Пункты отбора проб	\bar{x}	M_o	M_e	Σ
п.г.т. Приазовский / vil. of Priazovski	0.4	0.4	0.4	0.3
х. Рожок / khutor of Rozhok	0.9	0.8	0.8	0.7
г. Таганрог / Taganrog	0.7	0.4	0.6	0.5
к. Павло-Очаковская / Pavlo-Ochakovskaya Spit	0.5	0.4	0.4	0.4
х. Чумбур-коса / khutor of Chumbur-kosa	0.4	0.3	0.4	0.3
г. Ейск / Yeysk	0.7	0.4	0.5	0.6
к. Должанская (вост. берег) / Dolzhanskaya Spit (east coast)	0.6	0.5	0.6	0.4
к. Должанская (зап. берег) / Dolzhanskaya Spit (west coast)	0.6	0.3	0.5	0.5
ст-ца Камышеватская / stanitsa of Kamyshevatskaya	0.6	0.3	0.6	0.3
к. Ясенская / Yasenskaya Spit	0.4	0.7	0.4	0.2
г. Приморско-Ахтарск / Primorsko-Akhtarsk	0.5	0.4	0.4	0.3
пос. Ильич / vil. of Il'ich	0.6	0.2	0.4	0.5
с. Нижнезаморское / vil. of Nizhnezamorskoye	0.7	0.2	0.5	0.5
с. Яковенко / vil. of Yakovenko	0.4	0.2	0.2	0.3

микропластика обнаружены на пляжах х. Рожок в Таганрогском заливе ($M_o = 0.8$ мм) и к. Ясенской ($M_o = 0.7$ мм) (таблица). График распределения частиц микропластика по крупности соответствует нормальному распределению (рис. 4).

Виды деградации пластика были исследованы с использованием растрового электронного микроскопа (*VEGA II LMU*), который позволяет с помощью фотографирования частиц с увеличением определить, как идет процесс их разрушения. В результате обработки 11 типичных образцов микропластика были зафиксированы такие виды деградации, как расслаивание, растрескивание, раскосмачивание, расщепление, раскручивание и др. (рис. 5). Для пластика в виде

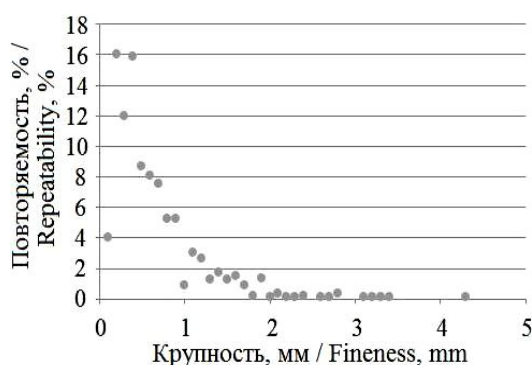
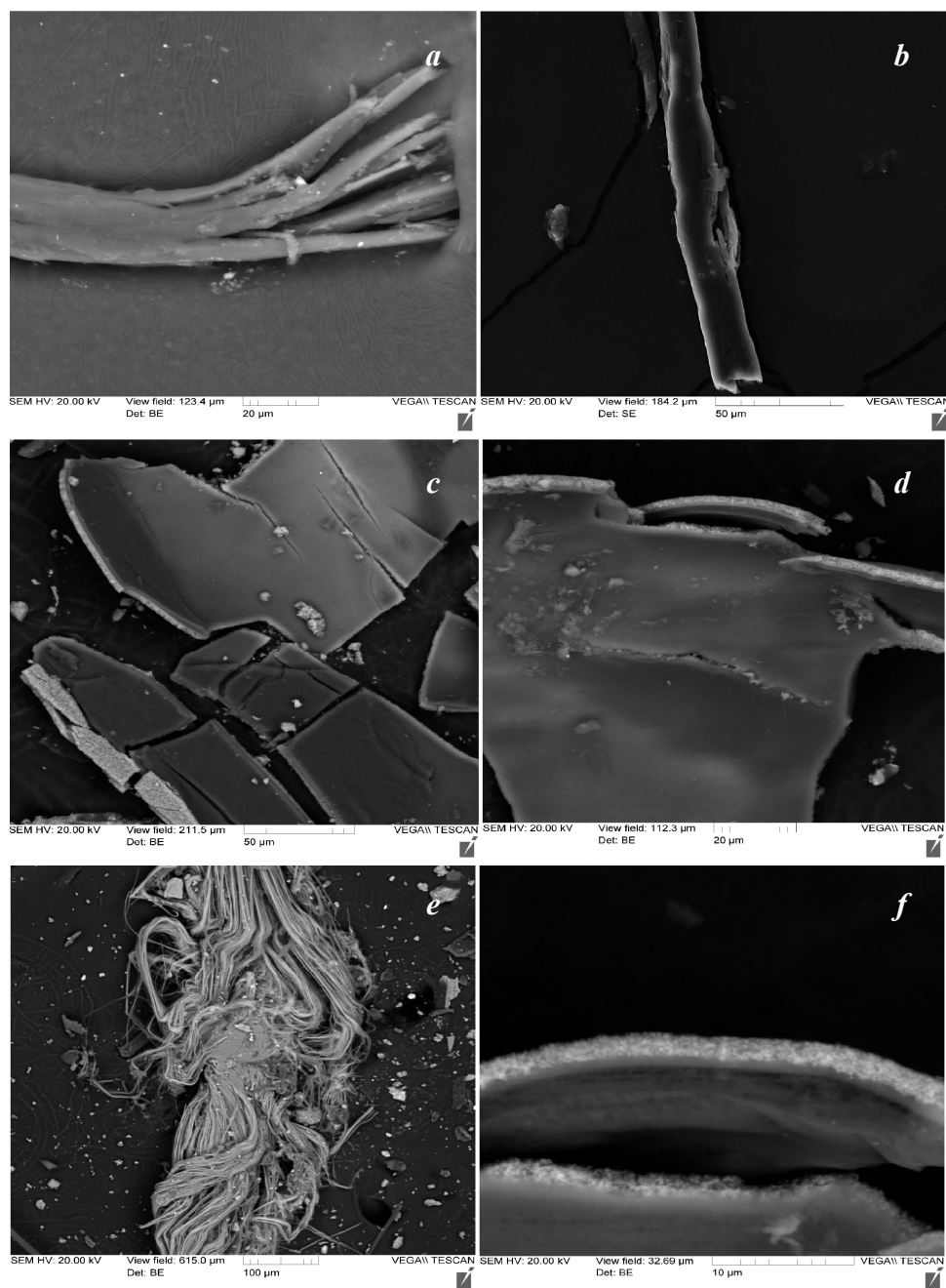


Рис. 4. Распределение частиц микропластика по крупности, %

Fig. 4. Microplastic particle size distribution, %



Р и с. 5. Виды деградации частиц микропластика (фото с растрового электронного микроскопа *VEGA II LMU* производства фирмы *Tescan*): раскосмачивание (*a*), расщепление (*b*), растрескивание (*c*), расслаивание (*d*), раскручивание, раскосмачивание (*e*), расслаивание, набухание (*f*)

Fig. 5. Types of degradation of microplastic particles (*VEGA II LMU* scanning electron microscope photo): cracking (*a*), splitting (*b*), fracturing (*c*), dissection (*d*), untwisting, cracking (*e*), dissection, swelling (*f*)

нитей характерен процесс раскосмачивания, раскручивания и расщепления, пластик-пленки расслаиваются, растрескиваются и набухают.

Деградация микропластика, очевидно, будет способствовать переходу частиц в следующий размерный диапазон – нанопластик.

Выводы

Загрязнение микропластиком в той или иной степени характерно для всех исследованных районов северо-восточной части Азовского моря. Наибольшее загрязнение отмечается в крупных промышленных центрах и рекреационных объектах: концентрация частиц микропластика в Таганроге составила 112 шт./м², а в пос. Ильич – 105 шт./м².

Морфологическими исследованиями установлено, что в составе микропластика преобладают полупрозрачные бесцветные волокна и пленки. Размер обнаруженных частиц микропластика изменяется от 4.3 до 0.1 мм. Самыми часто наблюдаемыми являются частицы размером 0.2 мм.

Микроскопическими исследованиями установлены виды деградации различных типов микропластика: расслоение, растрескивание и расщепление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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. doi:10.7868/S0030157418010148
2. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments / D. K. A. Barnes [et al.] // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009. Vol. 364, iss. 1526. P. 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
3. *Gregory M. R.* Environmental implications of plastic debris in marine settings – entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009. Vol. 364, iss. 1526. P. 2013–2025. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265>
4. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment / Edited by P. J. Kershaw ; IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection-GESAMP. WMO, 2015. 96 p. (Reports and Studies; No. 90). URL: https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor0/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf (date of access: 16.02.2021)
5. *Rilling M. C.* Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? // *Environmental Science and Technology*. 2012. Vol. 46., iss. 12. P. 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
6. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks / M. A. Browne [et al.] // *Environmental Science and Technology*. 2011. Vol. 45, iss. 21. P. 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
7. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch" / L. M. Rios [et al.] // *Journal of Environmental Monitoring*. 2010. Iss. 12. P. 2226–2236. <https://doi.org/10.1039/c0em00239a>
8. *Ashton K., Holmes L., Turner A.* Association of metals with plastic production pellets in the marine environment // *Marine Pollution Bulletin*. 2010. Vol. 60, iss. 11. P. 2050–2055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.014>
9. *Багаев А. В., Вержевская Л. В., Литвинюк Д. А.* Обзор исследований микропластика в России: моря, пляжи, донные осадки // *Моря России: исследования береговой*

- и шельфовой зон. Тезисы докладов всероссийской научной конференции. г. Севастополь, 21–25 сентября 2020 г. Севастополь : ФГБУН ФИЦ МГИ, 2020. С. 226–227. URL: http://conf.mhi-ras.ru/news/2020/9/tezisy_dokladov_2020/morya_rossii-2020_tezisy.pdf (дата обращения: 16.02.2021).
10. Загрязнение пляжей и прибрежных вод Азовского моря микропластиком / А. Е. Глушко [и др.] // Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явления и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления – II»): Материалы II Международной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д. Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 6–10 июля 2020 г.). Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2020. С 154–157. URL: <http://www.ssc-ras.ru/ckfinder/userfiles/files/Dangerous%20Events%202020.pdf> (дата обращения: 16.02.2021).
 11. *Zobkov M., Esiukova E.* Microplastics in Baltic bottom sediments: quantification procedures and first results // *Marine Pollution Bulletin.* 2017. Vol. 114, iss. 2. P. 724–732. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.10.060
 12. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments / J. Masura [et al.]. Silver Spring : NOAA Marine Debris Division, 2015. 31 p. (NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48). URL: https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa_microplastics_methods_manual.pdf (date of access: 16.02.2021).
 13. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification / V. Hidalgo-Ruz [et al.] // *Environmental Science and Technology.* 2012. Vol. 46, iss. 6. P. 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
 14. *Norén F.* Small plastic particles in Coastal Swedish waters. KIMO Sweden, 2007. 11 p. (KIMO report). URL: https://www.researchgate.net/publication/284312290_Small_plastic_particles_in_Coastal_Swedish_waters/link/571203c608ae4ef74525ec38/download (date of access: 16.02.2021).
 15. On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environment / I. Chubarenko [et al.] // *Marine Pollution Bulletin.* 2016. Vol. 108, iss. 1–2. P. 105–112. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.04.048

Об авторах:

Глушко Арина Евгеньевна, аспирант кафедры океанологии, Южный федеральный университет, Институт наук о Земле (344090, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. П. Зорге, 40), **ORCID ID: 0000-0002-1562-0590**, Arinaglushko01@gmail.com

Беспалова Людмила Александровна, профессор, Южный федеральный университет, Институт наук о Земле (344090, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. П. Зорге, 40), доктор географических наук, **Scopus Author ID: 6701631387**, bespalowaliudmila@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Глушко Арина Евгеньевна – постановка задачи, проведение экспериментальных исследований, обработка и анализ материалов наблюдений, написание текста статьи

Беспалова Людмила Александровна – постановка задачи, обработка и анализ материалов наблюдений, формулирование выводов, написание текста статьи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Zobkov, M.B. and Esiukova, E.E., 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), pp. 137–143. <https://doi.org/10.1134/S0001437017060169>
2. Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C. and Barlaz, M., 2009. Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), pp. 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>
3. Gregory, M.R., 2009. Environmental Implications of Plastic Debris in Marine Settings – Entanglement, Ingestion, Smothering, Hangers-On, Hitch-Hiking and Alien Invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), pp. 2013–2025. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265>
4. GESAMP, 2015. *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment. Reports and Studies, No. 90*, 96 p. Available at: https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf [Accessed: 16 February 2021].
5. Rilling, M.C., 2012. Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science and Technology*, 46(12), pp. 6453–6454. <https://doi.org/10.1021/es302011r>
6. Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E.L., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R.C., 2011. Accumulations of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), pp. 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
7. Rios, L.M., Jones, P.R., Moore, C. and Narayan, U.V., 2010. Quantitation of Persistent Organic Pollutants Adsorbed on Plastic Debris from the Northern Pacific Gyre’s “Eastern Garbage Patch”. *Journal of Environmental Monitoring*, 12, pp. 2226–2236. <https://doi.org/10.1039/c0em00239a>
8. Ashton, K., Holmes, L. and Turner, A., 2010. Association of Metals with Plastic Production Pellets in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), pp. 2050–2055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.014>
9. Bagaev, A.V., Verzhetskaya, L.V. and Litvinyuk, D.A., 2020. [Review of Microplastics Research in Russia: Seas, Beaches, Bottom Sediments]. In: MHI, 2020. *All-Russian Scientific Conference Seas of Russia: Studies of Coastal and Shelf Areas (21–25 September, Sevastopol): Conference Proceedings*. Sevastopol, 2020, pp. 225–227 (in Russian).
10. Glushko, A.E., Bespalova, L.A., Pet’ko, A.V. and Shekhurdin, G.G., 2020. Microplastics Pollution of Beaches and Coastal Waters of the Sea of Azov. In: SSC RAS Publishers, 2020. *Regularities of Formation and Impact of Marine and Atmospheric Hazardous Phenomena and Disasters on the Coastal Zone of the Russian Federation under the Conditions of Global Climatic and Industrial Challenges (“Dangerous Phenomena – II”) in memory of Corresponding Member RAS D.G. Matishov: Proceedings of the International Scientific Conference (Rostov-on-Don, 6–10 July 2020)*. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, pp. 154–157 (in Russian).
11. Zobkov, M. and Esiukova, E., 2017. Microplastics in Baltic Bottom Sediments: Quantification Procedures and First Results. *Marine Pollution Bulletin*, 114(2), pp. 724–732. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.10.060
12. Masura, J., Baker, J., Foster, G. and Arthur, C., 2015. *Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments*. NOAA Technical

- Memorandum NOS-OR&R-48*. Silver Spring: NOAA Marine Debris Division, 31 p. Available at: https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/publications-files/noaa_microplastics_methods_manual.pdf [Accessed: 16 February 2021]
13. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. and Thiel, M., 2012. Microplastics in the Marine Environment: a Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science and Technology*, 46(6), pp. 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
 14. Norén, F., 2007. *Small Plastic Particles in Coastal Swedish Waters. KIMO Report*. 11 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/284312290_Small_plastic_particles_in_Coastal_Swedish_waters/link/571203c608ae4ef74525ec38/download [Accessed: 16 February 2021].
 15. Chubarenko, I., Bagaiev, A., Zobkov, M. and Esiukova, E., 2016. On Some Physical and Dynamical Properties of Microplastic Particles in Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 108(1–2), pp. 105–112. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.04.048

About the authors:

Arina E. Glushko, postgraduate student, Oceanology Department, Southern Federal University, Institute of Earth Sciences (344090, Rostov-on-Don, R. Sorge St., 40), **ORCID ID: 0000-0002-1562-0590**, Arinaglushko01@gmail.com

Lyudmila A. Bepalova, Professor, Southern Federal University, Institute of Earth Sciences (344090, Rostov-on-Don, R. Sorge St., 40), Dr.Sci. (Geogr.), **Scopus Author ID: 6701631387**, bepalowaliudmila@yandex.ru

Contribution of the authors:

Arina E. Glushko – task setting, experimental research, processing and analysis of the observation materials, writing the article

Lyudmila A. Bepalova – task setting, processing and analysis of the observation materials, formulation of conclusions, writing the article

All the authors have read and approved the final manuscript.