

Оценка экологических последствий использования полимерных изделий

© 2020. Б. И. Кочуров¹, д. г. н., профессор, в. н. с.,
Э. А. Блинова², к. б. н., ведущий специалист-эксперт,

¹Институт географии РАН,

117312, Россия, г. Москва, ул. Вавилова, д. 37,

²Приокское межрегиональное Управление Росприроднадзора,
390015, Россия, г. Рязань, а/я 19,

e-mail: camertonmagazin@mail.ru, eleonora.gladkova@mail.ru

Исследования, посвящённые изучению загрязнения наземных экосистем пластиком, активизировались в последние 10–15 лет: спрогнозирован экспоненциальный рост накопления полимерных отходов в окружающей среде (ОС), установлена опасность микропластика для биосферы и здоровья человека, предложен переход на экономику замкнутого цикла. Анализ современных литературных данных свидетельствует об отсутствии информации о максимально допустимой нагрузке полимерного загрязнения на биосферу, экосистемы, ландшафты. По данным официальной мировой статистики вовлечение в ресурсооборот использованных изделий из полимерных соединений крайне незначительно. В настоящее время осуществляется поиск оптимальных решений для сохранения природных ресурсов и уменьшения экологических последствий применения полимерных изделий. Перспективным направлением является реализация принципа «Reduce, Reuse, Recycle» – это предотвращение прямого попадания пластмасс в ОС, повторное использование и переработка полимерных отходов, выбор в пользу приобретения товаров в многоразовой таре. Необходимо незамедлительно снижать нагрузку полимерных микрочастиц на биоту и стимулировать изменения в технических, психологических и экономических механизмах обращения с полимерными отходами.

Ключевые слова: полимерные изделия, полимерная упаковка, пластик, микропластик, нерациональное природопользование, твёрдые коммунальные отходы.

Assessment of ecological impacts of using polymer products

© 2020. B. I. Kochurov¹ ORCID: 0000-0002-8351-3658, E. A. Blinova² ORCID: 0000-0002-3044-4273,

¹Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,
37, Vavilova St., Moscow, Russia, 117312,

²Priokskoe Interregional Department of the Federal Service
on Supervision in the Field of Nature Management,

PO Box 19, Ryazan, Russia, 390015,

e-mail: camertonmagazin@mail.ru, eleonora.gladkova@mail.ru

The period of introduction of plastic into mass production was too short for a comprehensive assessment of the environmental consequences of its use. More recently, the research of plastic pollution of terrestrial ecosystems has expanded. Scientists have predicted an exponential increase in the accumulation of polymer waste in the environment, established the danger of microplastics for the biosphere and human health, and proposed a transition to a circular economy. The spread of microplastics around the world has become an avalanche. The need for measures to protect the population from unsafe use of polymer products was found. The analysis of modern literary sources indicates a lack of information: 1) What is the maximum permissible load of polymer pollution on the biosphere, ecosystems, and landscapes? 2) How much macro- and microplastics is concentrated in each region? 3) How quickly does microplastics grow and from what sources? According to official world statistics, the involvement of used products from polymer compounds in the resource turnover is extremely insignificant. Currently, the search for optimal solutions to preserve natural resources and reduce the environmental consequences of the use of polymer packaging is being carried out. A promising direction is the implementation of principle “Reduce, Reuse, Recycle”. This is the prevention of direct entry of plastics into the environment, the reuse and recycling of polymer waste, the choice in favor of purchasing goods in reusable containers. It is necessary to immediately reduce load of polymer microparticles on biota and keen to stimulate changes in the technical, psychological and economic mechanisms of handling polymer waste.

Keywords: polymer products, plastic, microplastics, unsustainable use of natural resources, municipal solid waste.

Прошло более 150 лет с того времени, когда изобретатель А. Паркс на Лондонской международной выставке 1862 г. представил первый пластификатор. Следует отметить, что период внедрения пластика в массовое производство оказался слишком коротким для всесторонней оценки экологических последствий от его использования. В результате искусственные пластические массы очень быстро оказались материалом тысячи применений [4]. Со времён пластиковой революции во всём мире было произведено 6,3 млрд т пластиковых отходов [2, 3]. В 2018 г. мировое производство пластиковой продукции составило более 360 млн т. При нынешней тенденции производства и обращения с полимерными отходами к 2050 г. в окружающей среде (ОС) по всему миру будет размещено около 12 млрд т пластика [3]. Сегодня синтетические полимеры – незаменимый ресурс для многих секторов экономики и быта. Но его главным недостатком оказалось нерациональное использование и безответственное обращение с отходами. Последнее десятилетие – начало мирового кризиса пластикового загрязнения, в течение которого мировая общественность предпринимает попытки противодействия этой масштабной экологической проблеме. Под угрозой не только биота, но и здоровье всего человечества.

Целью статьи является исследование накопления полимерных материалов в природной среде, достигшего глобального уровня, а также оценка опасности микропластика для биосферы и здоровья человека и неизбежный переход современной экономики на замкнутый цикл.

Глобальное загрязнение микропластиком

Первые научные сведения о глобальном пластиковом загрязнении представлены в 1972 г. [4]. Была обнаружена способность микропластика поглощать и переносить по пищевой цепи загрязняющие вещества из водной среды [5]. В ноябре 1994 г. вступила в силу Конвенция ООН по морскому праву (ЮНКЛОС), а на шестой встрече Открытого процесса неофициальных консультаций ООН по вопросам Мирового океана и морского права, состоявшейся в 2005 г., был рассмотрен вопрос «морского мусора» [6]. Измерение количества дрейфующего пластика в поверхностных водах позволило открыть «Большое тихоокеанское мусорное пятно», или «Вос-

точный мусорный континент» – область между Евразией и Северной Америкой [7].

Мельчайшие кусочки пластика, синтетических волокон, пластиковых шариков в настоящее время обнаружены повсюду – от песчаных пляжей Флориды до арктического морского льда, от полей фермы до городского воздуха [8]. Теперь наука должна ответить на вопрос: способна ли биосфера принять на себя огромное количество нового, чужеродного материала?

Полимерная упаковка в конце стадии эксплуатации подвергается физическому воздействию, что приводит к механической деструкции на более мелкие фрагменты. Затем происходит химическое расщепление фрагментированного пластика: под воздействием температуры, влаги, УФ-излучения и минерализации пластик подвергается гидролизу, фотолизу и микробиологическим окислительно-восстановительным процессам. Так полимерные изделия становятся **микропластиком** – микрочастицами пластика размером менее 5 мм. Физические и динамические свойства микрочастиц способствуют переносу микропластика на дальние расстояния [12].

Микропластик подразделяют на:

- первичный – пластиковые гранулы, или пеллеты, применяющиеся в качестве сырья для изготовления пластиковых листов и готовых изделий, а также микрогранулы (микросферы, наносферы, микрокапсулы, нанокапсулы, микрошарики), применяющиеся в косметической промышленности [11];
- вторичный – образовавшийся в результате разложения предметов и крупных пластиковых обломков.

Со временем микропластик распадается до нанопластика – частиц размером менее 1 мкм [5]. Среди изученных форм полимерных загрязнителей обнаружены наноразмерные частицы величиной с человеческий эритроцит (11 мкм в диаметре) [13]. Чем меньше полимерные частицы, тем большее влияние они оказывают на биоту. Негативное воздействие микро- и нанопластика на живые организмы разделяется на: 1) физическое – за счёт проникновения в организм в процессе дыхания и проглатывания; 2) химическое – путём воздействия загрязняющих веществ, абсорбируемых поверхностью микропластика [7, 13].

В 2012 г. исследователи из Нью-Йоркского университета и The 5 Gyres Institute – лидера глобального движения против пластикового загрязнения – обнаружили высокие концентрации микропластика в озёрах Северной

Америки [14]. В 2019 г. была опубликована первая работа по изучению влияния микропластика на брюхоногих моллюсков, обитающих в пресноводных экосистемах Западной Африки [15]. Исследования, проведённые в Европе и Северной Америке, показывают, что огромное количество микроволокна попадает на сельскохозяйственные угодья в результате применения осадка сточных вод [16]. В результате применения пластиковой плёнки в сельском хозяйстве в Китае на 1 га пахотных земель приходится 260 кг пластиковых отходов [17].

Исследования по атмосферному переносу и осаждению микропластика отсутствуют за исключением двух мегаполисов: г. Парижа (Франция) и г. Дунгуань (Китай) [18–20]. В 2014 г. группа учёных из Парижского университета провела исследование атмосферных осадков. Было установлено, что за сутки выпадает более 118 частиц микроволокна длиной от 100 мкм до 5 мм. Исследуя результаты, учёные пришли к выводу, что в вопросе загрязнения микропластиком особое внимание должно уделяться синтетическим изделиям [10, 19].

Программа Комиссии ООН по воздуху Европы (International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/>), в рамках Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP) проводит пилотное исследование использования мхов в качестве потенциальных биомониторов выпадения и атмосферного переноса микроволокон. Большой вклад в разработку этого метода вложили участники программы ICP Vegetation, детально изучившие траектории воздушных масс и доказавшие, что микропластик может перемещаться в отдалённые, малонаселённые районы посредством атмосферного переноса [18, 19].

Анализ современных литературных источников свидетельствует об отсутствии следящей информации:

- Какое количество макро- и микропластика сосредоточено в каждом регионе?
- С какой скоростью увеличивается концентрация микропластика и за счёт каких источников?
- Какова максимально допустимая нагрузка полимерного загрязнения на биосферу, экосистемы, ландшафты?

Нерациональное обращение с твёрдыми коммунальными отходами

Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию от-

ходов, в том числе твёрдых коммунальных отходов (ТКО), на период до 2030 г. в России разработана с применением мирового принципа «трёх R» – Reduce, Reuse, Recycle (сокращение, повторное использование, переработка). Вводятся новые механизмы обращения с ТКО. Захоронение на полигонах признано экономически неэффективным и нерациональным методом обращения с ТКО. Исследования, проведённые Министерством природных ресурсов и экологии РФ в 2018 г., свидетельствуют о том, что за период 2010–2018 гг. количество ежегодно образующихся отходов увеличилось с 3735,0 млн т до 7266,1 млн т, т. е. на 94,5%. Количество отходов, направленных на захоронение, увеличилось с 593,0 млн т до 1 029,2 млн т, или на 73,5% [21]. Крайне нерационально использовать земельные ресурсы в качестве территорий для захоронения отходов: деградированные земли требуют длительного и высокочувствительного восстановления до уровня нормальных экосистем, а негативное воздействие распространяется на различные компоненты ОС далеко за пределы полигонов ТБО. Лёгкость производства полимеров приводит к появлению дешёвых товаров, 90% которых используется однократно [9, 22]. Не смотря на то, что размещение отходов и эксплуатация полигонов ТБО являются проблемой во всём мире, территориальные схемы обращения с отходами субъектов РФ содержат прогнозные показатели по росту образования отходов [23]. Возможно, это связано с высоким уровнем неопределённости исходной информации при составлении территориальных схем [24].

В местах санкционированного размещения отходов пластик стремительно накапливается, прессуется. Пластмассы на основе нефти, такие как полиэтилентерефталат и другие, не подвергаются биоразложению, а некоторым для распада требуется более 400 лет [3]. Под воздействием осадков захоронённый пластик выделяет токсичный фильтрат (leachate). Загрязнение почвы и водных источников происходит в результате миграции с территории действующих и рекультивированных полигонов (свалок) химических веществ, содержащихся в фильтрате ТКО, в поверхностные и грунтовые воды. В литературе приводятся различные данные относительно токсичности фильтрата, образующегося под влиянием атмосферных воздействий на пластик [25].

В состав некоторых видов пластмасс (поливинилхлорид, полиуретан, поликарбонат и полистирол) для улучшения потребительских качеств товаров в процессе производства

добавляют бисфенол А и фталаты. Эти химические вещества перемещаются по пищевым цепям и могут разрушать эндокринную систему человека. Так, например, отходы полистирола (далее – ПС) оказывают негативное воздействие на ОС двумя способами:

1) химически, когда мономеры, пластификаторы и другие опасные добавки вымываются из полистирольных изделий;

2) физически, когда товар, потерявший свои потребительские свойства, распадается в ОС на микропластик.

В 2012 г. в мире было произведено около 32,7 млн т ПС [26]. Когда изделия из ПС подвергаются воздействию широкого спектра факторов, возникает риск загрязнения ОС токсическими веществами. Канцерогенный потенциал стирола изучается Международным агентством по исследованию рака (IARC) с 1978 г. [27].

Бытовые изделия из ПС часто используются в контакте с пищевыми продуктами, в том числе и с жирами. Пищу нередко разогревают в микроволновых печах в контейнерах из ПС; ёмкости из ПС часто используют для употребления горячих продуктов и напитков. Разогрев еды в контейнерах из ПС и сжигание изделий из ПС крайне опасны. Все реакции, которым подвергаются стирол и его гомологи, несут потенциальную угрозу здоровью и жизни людей. Вдыхание его паров грозит многочисленными острыми и хроническими заболеваниями [28].

Полимеры будущего

Новый период в исследованиях полимерных материалов посвящён разработке безопасного для здоровья человека биоразлагаемого пластика [29]. Интерес представляет биоразлагаемый полимер полилактид (ПЛА). Молочную кислоту, используемую для получения ПЛА, получают ферментацией углеводов растительного происхождения, а именно, гидролизатов сахарозы и крахмала [30]. Одни авторы считают, что при производстве ПЛА выбрасывается вдвое меньше углекислого газа, чем при производстве полимеров на основе нефти [31], по мнению других – при производстве биопластика образуется большее количество загрязняющих веществ из-за удобрений и пестицидов, применяемых для выращивания исходного сырья. Так, по мнению аналитика Российской сферы обращения с отходами: «Выращивать огромные объёмы сельскохозяйственных культур, чтобы пре-

вратить их в одноразовые предметы, – значит совершенно нерационально использовать ресурсы планеты» [32].

Развитие производства биоразлагаемых полимеров и изучение новых способов обращения с полимерными отходами способствует решению проблемы нерационального использования топливно-энергетических ресурсов для производства одноразового пластика. Отходы бытовой продукции и упаковки из полимерных соединений являются вторичным материальным ресурсом, ликвидным товаром. Но пока во всём мире вовлечение в ресурсооборот использованных изделий из полимерных соединений крайне незначительно. Ежегодно безвозвратно выходит из хозяйственного оборота не менее 2 млн т полимерных материалов [33–35]. Процесс производства и потребления пластиковой упаковки в основном линейный и представляет собой цепочку: «ресурсы–товары–отходы» [2, 36], главным недостатком которой является то, что время в стадии отхода является самой длинной частью жизненного цикла изделия.

Заключение

В исследовании пластикового загрязнения в последние 10–15 лет спрогнозирован экспоненциальный рост накопления полимерных отходов в ОС; установлена опасность микропластика для биосферы и здоровья человека. В качестве решения проблемы пластикового загрязнения предложен переход на экономику замкнутого цикла; отмечена необходимость мер по защите населения от небезопасного использования полимерных изделий.

Реализация принципа «Reduce, Reuse, Recycle» способствует сохранению природных ресурсов и уменьшению экологических последствий применения твёрдых полимерных изделий.

Остановить распространение микропластика по миру уже нельзя. Этот процесс приобрёл лавинообразный характер. Но можно снизить нагрузку полимерных микрочастиц на биоту, если немедленно начать изменения в технических, психологических и экономических механизмах обращения с полимерными отходами.

Авторы выражают глубокую благодарность за профессиональное консультирование при написании работы М.В. Фронтовой, советнику директора по прикладным исследованиям и инновациям Лаборатории нейтронной физики имени И.М. Франка Объединённого института

ядерных исследований в Дубне (www.jinr.ru), доценту кафедры химии, новых технологий и материалов Международного университета природы, общества и человека «Дубна», Координатору Программы ООН по воздуху Европы (UNECE ICP Vegetation, moss surveys).

Статья подготовлена по теме Государственного задания № 0148-2019-0007 «Оценка физико-географических, гидрологических и биотических изменений окружающей среды и их последствий для создания основ устойчивого природопользования».

References

1. The case of plastics. History and future of plastics [Internet resource] <https://www.sciencehistory.org/the-history-and-future-of-plastics> (Accessed: 26.04.2020).
2. The new plastics economy, Ellen Macarthur foundation. 2016 [Internet resource] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics-infographics> (Accessed: 26.04.2020).
3. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made // *Science Advances*. 2017. V. 3. No. 7. Article No. e1700782. doi: 10.1126/sciadv.1700782
4. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // *Science*. 1972. V. 175. No. 4027. P. 1240–1241. doi: 10.1126/science.175.4027.1240
5. Chatterjee S., Sharma S. Microplastics in our oceans and marine health // *Field Actions Science Reports*. Special Issue. 2019. P. 54–61 [Internet resource] <https://journals.openedition.org/factsreports/5257> (Accessed: 26.04.2020).
6. Kershaw P.J. Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change [Report]. 2016 [Internet resource] <http://eprints.surrey.ac.uk/id/eprint/829158> (Accessed: 26.04.2020)
7. Arnaud F. Plastics: from apogee to controversy // *Field Actions Science Reports*. Special Issue. 2019. P. 4–5 [Internet resource] <http://journals.openedition.org/factsreports/5055> (Accessed: 26.04.2020)
8. Thompson A. From fish to humans, a microplastic invasion may be taking a toll tiny bits of plastic have seeped into soil, fish and air, posing a threat to animal and human health // *Scientific American*. 2018 [Internet resource] <https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/> (Accessed: 26.04.2020)
9. Woldemard'Ambrières Plastics recycling worldwide: current overview and desirable changes [Internet resource] <https://www.institut.veolia.org/> (Accessed: 26.04.2020)
10. Stanton T., Johnson M., Nathanail P., MacNaughtan W., Gomes R.L. Freshwater and airborne textile fibre populations are dominated by “natural”, not microplastic, fibres // *Science of the Total Environment*. 2019. V. 666. P. 377–389. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.278
11. Zobkov M.B., Esyukova E.E. Microplastics in the marine environment: a review of methods for sampling, preparation and analysis of water, bottom sediments and coastal sediments // *Oceanology*. 2017. V. 58. No. 1. P. 149–157 (in Russian). doi: 10.7868/S0030157418010148
12. Khatmullina L.I., Esyukova E.E. Accumulation of plastic fragments and microplastics on the beaches in the South-East Baltic Sea. Abstract book. EMECS'11 – Sea Coasts XXVI Joint Conference. Sankt-Petersburg, Russia. 2016. V. 1. 221 p. (in Russian).
13. Hi-tech. Too dangerous nanoplastic: how disposable bags turn into killer particles [Internet resource] <https://hightech.fm/2018/09/20/nanoplastic> (Accessed: 26.04.2020) (in Russian).
14. Maxwell Morgan Voyage on Great Lakes to count plastic // Blog of The State University of New York. 2012 [Internet resource] <http://blog.suny.edu/2012/07/voyage-on-great-lakes-to-count-plastic> (Accessed: 26.04.2020).
15. Akindele E.O., Ehlers S.M., Koop J.H.E. First empirical study of freshwater microplastics in West Africa using gastropods from Nigeria as bioindicators // *Limnologica*. 2019. V. 78. Article No. 125708. doi: 10.1016/j.limno.2019.125708
16. Rodriguez-Seijo A., Pereira R. Microplastics in agricultural soils: Are they a real environmental hazard? // *Bioremediation of agricultural soils* / Ed. J.C. Sanchez-Hernandez. CRC Press, Boca Raton, FL., 2019. P. 45–61.
17. Liu E.K., He W.Q., Yan C.R. “White revolution” to “white pollution” – agricultural plastic film mulch in China // *Environmental Research Letters*. 2014. V. 9. No. 9. Article No. 091001. doi: 10.1088/1748-9326/9/9/091001
18. Dris R., Gasperi J., Rocher V., Saad M., Renault N., Tassin B. Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris // *Environmental Chemistry*. 2015. V. 12. No. 5. P. 592–599. doi: 10.1071/EN14167
19. Cai L., Wang J., Peng J., Tan Z., Zhan Z., Tan X., Chen Q. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence // *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. V. 24. No. 32. P. 24928–24935. doi: 10.1007/s11356-017-0116-x
20. Allen S., Allen D., Phoenix V.R., Le Roux G., Jiménez P.D., Simonneau A., Galop D. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment // *Nature Geoscience*. 2019. V. 12 (5). P. 339–344. doi: 10.1038/s41561-019-0335-5
21. State report “On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2018” Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation / Ed. E.A. Kiseleva. Moskva, 2019 [Internet resource] http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (Accessed: 26.08.2020) (in Russian).
22. Yang Y., Wang J., Xia M. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus* // *Science of the Total Environment*.

2020. V. 708. Article No. 135233. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.135233

23. Analysis of the effectiveness of measures to ensure the processing of solid municipal waste and proposals for ensuring that the opinions of citizens of the Russian Federation are taken into account in the construction of facilities used for processing this waste: Report. Public Chamber of the Russian Federation. 2018 [Internet resource] <https://www.oprf.ru/ru> (Accessed: 26.08.2020) (in Russian).

24. Albegova A.V., Gonopolskiy A.M., Maryev V.A., Petukhova I.Yu. Analysis of the problems of managing the Russian system of industrial and consumer waste management // Theoretical and Applied Ecology. 2015. No. 2. P. 47–54 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2015-2-042-047-054

25. Nobre C.R., Santana M.F.M., Maluf A., Cortez F.S., Cesar A., Pereira C.D.S., Turra A. Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea) // Marine Pollution Bulletin. 2015. V. 92. No. 1–2. P. 99–104. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.12.050

26. Farrelly T.A., Shaw I.C. Polystyrene as hazardous household waste // Household Hazardous Waste Management. IntechOpen, 2017. 1st February. doi: 10.5772/65865

27. Monographs volume 121: Styrene, styrene-7, 8-oxide, and quinolone // Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon. 2019. 355 p. [Internet resource] <https://www.iarc.fr/> (Accessed: 26.04.2020).

28. Prokofieva E.S., Makhonko M.N., Shkrobova N.V. Plastic and its impact on the health of modern consumers // Byulleten meditsinskikh internet-konferentsiy. Nauka i innovatsii. 2013. V. 3. No. 11. P. 1176–1178 (in Russian).

29. The future of plastic // Nature Communications. 2018. V. 9. Article No. 2157 [Internet resource] <https://www.nature.com/> (Accessed: 26.04.2020). doi: 10.1038/s41467-018-04565-2

30. Pletnev M.Yu. Polylactates are biodegradable polyesters. Analytical portal of the chemical industry [Internet resource] http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=7 (Accessed: 4.05.2020) (in Russian).

31. Negodyaev N.D., Morzherin O.S., Yeltsov Yu.Yu. Equipment and design principles for plastics processing enterprises. Yekaterinburg: UrFU, 2013. 144 p. [Internet resource] <https://e.lanbook.com/book/98950> (Accessed: 26.08.2020) (in Russian).

32. Ivannikov A. Biodegradable bags will not save you from plastic pollution // Branch of the international non-profit organization Greenpeace in Russia [Internet resource] <https://greenpeace.ru/author/alexandr-ivan-nikov/> (Accessed: 26.04.2020) (in Russian).

33. Gaev F. Properties of waste polymers and directions of use GU “NITsPURO” [Internet resource] <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=133> (Accessed: 26.04.2020) (in Russian).

34. Kozlovsky N.V., Blinovskaya Ya.Yu. Microplastic – a macro problem of the world ocean // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. No. 10 (1). P. 159–162 (in Russian).

35. The strategy for the development of the industry for the processing, disposal and disposal of production and consumption waste for the period up to 2030: Order of the Government of the Russian Federation of 25.01.2018. No. 84-r. 2018. 59 p. [Internet resource] minpromtorg.gov.ru (Accessed: 26.08.2020) (in Russian).

36. Plastics – the facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Plastics Europe. 2019 [Internet resource] https://www.plasticseurope.org/application/files/1115/7236/4388/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf (Accessed: 26.04.2020).