

УДК: [504.5:556](985)(045)

DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.246

Загрязнение морским мусором западного сектора российской Арктики *

© ЗАЙКОВ Константин Сергеевич, доктор исторических наук, профессор

E-mail: k.zaikov@narfu.ru

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

© СОБОЛЕВ Никита Андреевич, научный сотрудник

E-mail: n.a.sobolev@outlook.com

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. В статье обсуждается загрязнение морской среды пластиковым мусором, в частности, накопление микропластика в океанах, что является одной из самых серьёзных экологических проблем нашего времени как в мире, так и в российской Арктике. Наряду с другими мировыми океанами Северный Ледовитый океан и Баренцево море стали местом скопления пластика, наносящего большой вред хрупкой экосистеме арктического региона. Исследователи обнаружили микропластик не только в арктических водах, но и во льдах арктических морей. Пластиковый мусор переносится океаническими течениями из более густонаселённых районов планеты. Причиной являются также местные источники: рыболовство и другие виды коммерческой деятельности, а также сточные воды. Микропластик негативно влияет на живые организмы в океане. В частности, пластик может причинить физический вред и нарушить формирование тела морских животных, а также вызвать их смерть от удушья или проглатывания пластика. В то же время пластмассы способны накапливать на своей поверхности стойкие органические загрязнители, которые могут отравлять морских животных, нанося вред всей пищевой цепочке.

Ключевые слова: морские экосистемы, мусор, биоразложение, загрязнение пластиком, микропластик, Арктика.

Marine Plastic Debris Pollution in the Western Sector of the Russian Arctic

© Konstantin S. ZAIKOV, D.Sc. of Historical Sciences, Vice-Rector for International Cooperation and Information Policy

E-mail: k.zaikov@narfu.ru

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

© Nikita A. SOBOLEV, Researcher

E-mail: n.a.sobolev@outlook.com

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article discusses the pollution of marine environment with plastic waste, in particular, the accumulation of microplastics in the oceans, which is one of the most serious environmental problems both in the world and in the Russian Arctic. Alongside with other world oceans, the Arctic Ocean and the Barents Sea have become places of plastic accumulation, causing great harm to the fragile ecosystem of the Arctic region. Researchers have found microplastics not only in Arctic waters, but also in the ice of the Arctic seas. Plastic debris is carried by ocean currents from more densely populated areas of the planet. Local sources, such as fishing and other commercial activities, as well as waste water, are one more reason. Microplastics adversely affect living organisms in the ocean. In particular, plastic can cause physical harm and disrupt body formation of marine animals, as well as cause death by suffocation or ingestion of plastic. At the same

* Для цитирования:

Зайков К.С., Соболев Н.А. Загрязнение морским мусором западного сектора российской Арктики // Арктика и Север. 2021. № 43. С. 246–252. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.246

For citation:

Zaikov K.S., Sobolev N.A. Marine Plastic Debris Pollution in the Western Sector of the Russian Arctic. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2021, no. 43, pp. 246–252. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2021.43.246

time, plastics can accumulate persistent organic pollutants on their surface, which can poison marine animals, damaging the entire food chain.

Keywords: *marine ecosystem, debris, biodegradation, plastic pollution, microplastics, the Arctic.*

Проблема загрязнения морских экосистем мусором стоит достаточно остро вот уже более полувека и вызывает всё больше опасений у экологов. Основным источником загрязнения морских систем является антропогенное воздействие, а наиболее массовым видом морского мусора является пластик. Уже в 1907 г. был оптимизирован ряд недорогих технологий синтеза полимеров, что привело к массовому производству множества лёгких, прочных, инертных и устойчивых к коррозии пластиков. С тех пор как в 1940-х гг. началось массовое производство, количество производимого пластика быстро возросло и к 2009 г. уже составляло порядка 230 млн тонн [1].

Обычные материалы, такие как стекло, металл и бумага, заменяются экономичной пластиковой упаковкой аналогичного дизайна, а орудия вылова рыбы, такие как сети, лески (один из основных загрязнителей морской среды) также заменяются на пластиковые — более лёгкие и прочные, чем природные материалы. Таким образом, более трети производства пластмассовых смол превращается в потребительский материал, который включает одноразовые предметы. Из-за высокой молекулярной массы и гидрофобности полимеры чрезвычайно устойчивы к биodeградации, за исключением биополимеров (например, таких как хитин, хитозан, целлюлоза и т.д.). Тем не менее, были выявлены определённые микроорганизмы, способные к биоразложению некоторых видов пластиков, таких как полиэтилен, ПВХ и полистирол. Но разрушение пластиков путём биodeградации может занять длительный период времени, так как некоторые добавки, такие как антиоксиданты и стабилизаторы, могут замедлять скорость деградации (быть токсичными для микроорганизмов) [2, 3].

Ежегодный мировой спрос на пластмассы постоянно увеличивается и в 2011 г. он составил 245 млн т [4]. В связи с этим, по оценкам учёных, в 2010 г. в мировой океан было выброшено от 4,8 до 12,7 млн тонн пластика, и эти цифры с каждым годом становятся всё выше.

Всё увеличивающиеся объёмы производства пластика совместно с достаточно долгим временем жизни (порядка 1 000 лет) делают проблему загрязнения пластиком морской среды и экосистемы в целом одной из наиболее значительных в современности.

В настоящее время возникла ещё одна проблема, связанная с пластиком — проблема загрязнения морских экосистем микропластиком. Несмотря на то, что микропластик в морской среде был обнаружен несколькими десятилетиями позже пластика, проблема загрязнения океана микропластиком уже стала глобальной мировой экологической проблемой.

Микропластик — это термин, используемый для описания огромного объёма микроскопических пластиковых обломков, которые в настоящее время встречаются по всему Мировому океану. Микропластик — это частицы пластмассы размером примерно от нескольких мкм до 5 мм. Микропластик можно обнаружить практически повсеместно: от пляжей и бе-

реговых линий до субтропических океанических водоворотов, полярных ледяных шапок и даже самых глубоких частей океана.

Микропластик по своему происхождению делится на 2 типа: первичный и вторичный.

Первичный микропластик — это специально произведённые и добавленные в различную продукцию микрогранулы пластика. Эта пластмасса обычно используется в очищающих средствах для лица и косметике или в качестве наполнителей мягкой мебели, игрушек, а также как первичное сырьё для производства макропластика.

Вторичный микропластик это пластиковые фрагменты размером менее 5 мм, которые образовались в результате разрушения более крупных пластиковых обломков как в море, так и на суше. Со временем физические, биологические и химические процессы снижают структурную целостность пластикового мусора, что приводит к его разрушению на более мелкие частицы и деградации. Вторичный микропластик в больших объёмах образуется при стирке синтетических вещей в стиральных машинах.

Микропластик, содержащийся в косметических средствах и образующийся при стирке, попадает в сточные воды. Основная проблема кроется в том, что микропластик имеет столь малые размеры (рис. 1), что он не улавливается системами фильтрации сточных вод, в результате чего эти частицы попадают в водоёмы и становятся экологической угрозой [1].



Рис. 1. Микропластик из косметических средств.

Пластиковый мусор на пляжах имеет высокую доступность кислорода и прямое воздействие солнечного света, поэтому он быстро разлагается, со временем становясь хрупким, образуя трещины и «пожелтение» (рис. 2). С потерей структурной целостности эти пластики быстрее разлагаются в окружающей среде в результате истирания, волнового воздействия и турбулентности [1].



Рис. 2. Пластик со следами фрагментации на морском берегу. (I-II) различные виды пенополистирола, (III) нетканый геотекстильный материал, (IV) облицовочные стеклопластиковые профили, (V) сетка габиона с пластиковым покрытием (ПВХ / ПЭВП), (VI) фрагменты от тканого мешка биг-бэга (ПП).

Микропластик может оказывать негативное воздействие на живые организмы, живущие в океане. В частности, пластик может причинять физический вред и вести к нарушению формирования тела морских животных, а также вызывать их смерть от удушья или проглатывания пластика. В научной литературе отмечались физические воздействия микропластика на мелкие организмы, такие как внутренние ссадины и закупорки. Также было обнаружено, что микропластик блокирует желудочно-кишечный тракт, нарушает рост организма и работу репродуктивной системы. У некоторых животных микропластик был обнаружен в крови, лимфе и печени. В то же время пластик способен аккумулировать на своей поверхности стойкие органические загрязнители, которые могут вызывать отравление и накапливаться в организме морских животных, причиняя вред целой пищевой цепи [5]. Помимо этого пластик оказывает негативное эстетическое воздействие на окружающую среду.

Вследствие того, что примерно половина всего пластика легче воды, он может перемещаться на поверхности воды с мировыми течениями и распространяться по всей планете. При этом ввиду особенности океанических течений Арктика, Северный ледовитый океан и Баренцево море могут стать местом накопления пластика, тем самым принося большой вред хрупкой экосистеме Арктического региона. Кроме того, Баренцево море является зоной активного рыболовства. В связи с этим в морскую воду могут попадать пластик и частицы краски с рыболовецких судов, а также в большей степени куски рыболовецких сетей, зачастую произведённых из пластика, а также целые их фрагменты. Баренцево море и Северный ледовитый океан служат местом стока больших Арктических рек, таких как Печора, Северная Двина и др. Они также несут в себе частицы пластика, попадающие в их воды с промышленными и бытовыми стоками.

В настоящее время территория западной части российской Арктики является достаточно слабо изученной на предмет загрязнения морским мусором. Однако существующие на данный момент исследования позволяют описать текущую ситуацию в данном секторе Арктики.

В работе группы учёных из Marine and Freshwater Research Centre и Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) [6] была исследована часть Баренцева моря в районе архипелага Шпицберген, находящаяся на западной границе с территориальными водами РФ. Авторы отмечают, что содержание пластиковых частиц варьируется от 0 до 1.31 частиц на м³, при этом частицы пластика были обнаружены в 95% проанализированных проб. По предположениям исследователей, источником данного мусора может быть как перенос загрязнения океаническими течениями из более населённых участков планеты, так и локальные источники, такие как рыболовство и другая коммерческая деятельность, а также сточные воды.

Не менее остро стоит проблема попадания и поглощения микропластика морскими обитателями (в т. ч. ракообразными, моллюсками, рыбой и морскими млекопитающими). Данный вопрос крайне слабо проработан на территории РФ в целом и в Арктической зоне РФ в частности. В настоящее время отсутствует информация о концентрации, типе и форме пластика, поглощаемого морскими животными в западной части российской Арктики. В то же время существует ряд работ, отражающих данную ситуацию в граничащих с российской Арктикой регионах. По данным исследований в Гренландском море [7], концентрация микропластика в воде составила $2,4 \pm 0,8$ частицы/м³, а микропластик в рыбе был обнаружен в 34 и 18% (в триглопсе и треске соответственно) рыб, отобранных для анализа. Микропластик также был обнаружен в ракообразных, отобранных на побережье архипелага Шпицберген. В каждой из 20 проб ракообразных семейства Гаммариды были обнаружены частички пластика. Большинство обнаруженных частиц состояли из полиметакриламида — термопластика, широко используемого в морской индустрии в качестве покрытия для предотвращения обрастания судов, а также антикоррозионного и водозащитного покрытий [8]. Как показывают результаты работы, микропластик проникает даже в самые отдалённые уголки планеты, причиняя вред обитающим там живым организмам. Содержание пластиковых частиц находится на соизмеримых уровнях, что были обнаружены в более индустриально развитых районах планеты, что говорит о переносе частиц с океанскими течениями.

Особо стоит отметить также факт обнаружения микропластика в Арктическом морском льду. Согласно результатам, представленным в работе группы исследователей из Thayer School of Engineering at Dartmouth College и Marine Biology and Ecology Research Centre [9], содержание частиц пластика в кернах льда центральной части Северного Ледовитого океана обнаружено в диапазоне от 38 до 234 частиц на м³, что значительно больше даже по сравнению с сильнозагрязнёнными океаническими течениями. По предположению авторов работы, это обусловлено эффектами концентрирования в процессе образования льда.

Подводя итоги, необходимо отметить, что описанные выше научные результаты указывают на всё более усугубляющуюся ситуацию с загрязнением микропластиком мирового океана. Особую обеспокоенность вызывает загрязнение Арктики, т.к. её хрупкая экосистема наиболее сильно подвержена даже самым незначительным изменениям. Микропластик

может нанести вред экосистемам региона, который может вылиться в экономические, экологические и эстетические потери для населения регионов и целых стран. В связи с этим необходимо принимать меры по выявлению и снижению негативных последствий загрязнения микропластиком экосистемы.

Рекомендации

Исходя из приведённых выше данных, очевидным является факт практически полного отсутствия информации о содержании микропластика в поверхностных водах, морских животных и льдах российской части Арктики. Как следствие, решением данной проблемы может являться организация широкомасштабной международной исследовательской программы, направленной на создание системы мониторинга микропластика в морях Арктики.

Оценка экологического ущерба и рисков, связанных с загрязнением Арктической экосистемы микропластиком, основанного на результатах научных исследований, является немаловажным фактором для последующих изысканий по сокращению возможного экологического ущерба и поиску путей снижения рисков для населения, в т. ч. связанных с сокращением численности ихтиофауны на территории российской Арктики.

Сокращение поступления морского мусора и пластика в воды Арктических морей является важной задачей, целью которой является снижения антропогенной нагрузки на регион в целом. Добиться сокращения выбросов возможно несколькими путями:

1. увеличением доли биоразлагаемых пластиков в общем объёме производства пластика;
2. распространением мусороперерабатывающих предприятий, способных утилизировать и вторично перерабатывать пластик;
3. повышением штрафов за выброс отходов в водоохранной зоне;
4. информированием и просветительская работа с населением по темам пластикового загрязнения;
5. использованием альтернативных пластиковым бытовых предметов и предметов повседневного пользования;
6. внедрением раздельного сбора мусора.

Благодарности и финансирование

Публикация подготовлена в рамках проекта, получившего финансирование от EC DG NEAR (грантовое соглашение ENI/2017/387-477, проект «Развитие Института Северного измерения как экспертного хаба / Development of a think tank functions of the Northern Dimension Institute»).

Литература

1. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review // Marine pollution bulletin. 2011. No. 62 (12). Pp. 2588–2597. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

2. Tokiwa Y., Calabia B.P., Ugwu C.U., Aiba S. Biodegradability of plastics // *International journal of molecular sciences*. 2009. No. 10 (9). Pp. 3722–3742. DOI: 10.3390/ijms10093722
3. Lu L., Luo T., Zhao Y., Cai C., Fu Z., Jin Y. Interaction between microplastics and microorganism as well as gut microbiota: A consideration on environmental animal and human health // *Science of the Total Environment*. 2019. No. 667. Pp. 94–100. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.380
4. Andrady A.L. Microplastics in the marine environment // *Marine pollution bulletin*. 2011. No. 62 (8). Pp. 1596–1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
5. Rodrigues J.P., Duarte A.C., Santos-Echeandía J., Rocha-Santos T. Significance of interactions between microplastics and POPs in the marine environment: a critical overview // *TrAC. Trends in Analytical Chemistry*. 2019. No. 111. Pp. 252–260. DOI: 10.1016/j.trac.2018.11.038
6. Lusher A.L., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples // *Scientific reports*. 2015. No. 5. 14947. DOI: 10.1038/srep14947
7. Morgana S., Ghigliotti L., Estévez-Calvar N., Stifanese R., Wieckzorek A., Doyle T., Christiansen J.S., Faimali M., Garaventa F. Microplastics in the Arctic: A case study with sub-surface water and fish samples off Northeast Greenland // *Environmental pollution*. 2018. Vol. 242. Pp. 1078–1086. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.08.001
8. Iannilli V., Pasquali V., Setini A., Corami F. First evidence of microplastics ingestion in benthic amphipods from Svalbard // *Environmental research*. 2019. No. 179. Pp. 108811. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108811
9. Obbard R.W., Sadri S., Wong Y.Q., Khitun A.A., Baker I., Thompson R.C. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice // *Earth's Future*. 2014. No. 2 (6). Pp. 315–320. DOI: 10.1002/2014EF000240

References

1. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T.S. Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: a Review. *Marine pollution bulletin*, 2011, no. 62 (12), pp. 2588–2597. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.09.025
2. Tokiwa Y., Calabia B.P., Ugwu C.U., Aiba S. Biodegradability of Plastics. *International journal of molecular sciences*, 2009, no. 10 (9), pp. 3722–3742. DOI: 10.3390/ijms10093722
3. Lu L., Luo T., Zhao Y., Cai C., Fu Z., Jin Y. Interaction between Microplastics and Microorganism as well as Gut Microbiota: A Consideration on Environmental Animal and Human Health. *Science of the Total Environment*, 2019, no. 667, pp. 94–100. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.380
4. Andrady A.L. Microplastics in the Marine Environment. *Marine pollution bulletin*, 2011, No. 62 (8), pp. 1596–1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
5. Rodrigues J.P., Duarte A.C., Santos-Echeandía J., Rocha-Santos T. Significance of Interactions between Microplastics and POPs in the Marine Environment: a Critical Overview. *TrAC. Trends in Analytical Chemistry*, 2019, no. 111, pp. 252–260. DOI: 10.1016/j.trac.2018.11.038
6. Lusher A.L., Tirelli V., O'Connor I., Officer R. Microplastics in Arctic Polar Waters: the First Reported Values of Particles in Surface and Sub-Surface Samples. *Scientific reports*, 2015, no. 5, p. 14947. DOI: 10.1038/srep14947
7. Morgana S., Ghigliotti L., Estévez-Calvar N., Stifanese R., Wieckzorek A., Doyle T., Christiansen J.S., Faimali M., Garaventa F. Microplastics in the Arctic: A Case Study with Sub-Surface Water and Fish Samples off Northeast Greenland. *Environmental pollution*, 2018, vol. 242, pp. 1078–1086. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.08.001
8. Iannilli V., Pasquali V., Setini A., Corami F. First Evidence of Microplastics Ingestion in Benthic Amphipods from Svalbard. *Environmental research*, 2019, no. 179, p. 108811. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108811
9. Obbard R.W., Sadri S., Wong Y.Q., Khitun A.A., Baker I., Thompson R.C. Global Warming Releases Microplastic Legacy Frozen in Arctic Sea Ice. *Earth's Future*, 2014, no. 2 (6), pp. 315–320. DOI: 10.1002/2014EF000240

Статья принята 29.09.2020