

УДК 504.054(265.54)

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АКВАТОРИИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОГО МОРЯ) МИКРОПЛАСТИКОМ

¹Блиновская Я.Ю., ²Якименко А.Л.

¹ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,
e-mail: blinovskaya@hotmail.com;

²ФГБОУ ВО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского», Владивосток

Доступность, низкая стоимость, возможность использования практически в любых сферах промышленного производства и быту привели к тому, что пластик стал не только повсеместно используемым материалом, но и в силу своей специфической структуры стал создавать проблему, связанную с загрязнением окружающей среды. В статье рассматривается проблема загрязнения прибрежно-морских акваторий залива Петра Великого (Японское море) микропластиком. Активные исследования микропластика в морской среде проводятся с 2014 г. на юге Дальнего Востока специалистами Морского государственного и Дальневосточного федерального университетов. В районе работ выделено 13 постоянных пунктов мониторинга микропластика, различающихся по гидродинамическим и антропогенным характеристикам. Ежегодно отмечается расширение географии исследования. В нескольких пунктах, омывающих Владивосток, регулярно встречаются загрязняющие частицы. Пробы отбираются методом траления на протяжении 1 мили нейстонной сетью (сетью Апштейна) на малом ходу (2,5–3 узла), что обеспечивает удовлетворительный обзор и возможность фиксации загрязнения. Объем прокачанной через сеть морской воды в каждом пункте составляет около 10 м³. Качественный анализ образцов показал, что микропластик представлен преимущественно полиэтиленом, полипропиленом, частицами целлюлозы. Обнаружено некоторое количество метилфениламина, формальдегида, монокарбонидов. Все это дает основание утверждать о пагубном влиянии микропластика на качество морской воды и на состояние морской биоты. В водах российского Дальнего Востока микропластик встречается в незначительном количестве. Тем не менее острота проблемы в соседних регионах обуславливает необходимость более глубокого изучения природы микропластика, его распределения в прибрежно-морских акваториях и воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: залив Петра Великого, микропластик, мониторинг, прибрежно-морские акватории, загрязнение, траление

THE WATER AREA POLLUTION ANALYSIS OF PETER THE GREAT BAY (SEA OF JAPAN) BY MICROPLASTIC

¹Blinovskaya Ya.Yu., ²Yakimenko A.L.

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: blinovskaya@hotmail.com;

²Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok

Their availability, low cost, applicability in virtually any industrial sector and any household have not only resulted in plastics becoming an everywhere used material, but owing to its specific structure resulting in an issue pertaining to environmental pollution. The pollution problem by microplastic at the Peter the Great Gulf waters (Sea of Japan) is considered in the article. Active research into microplastics in southern Russian Far East marine environment has been done by the Maritime State University and Far Eastern Federal University experts since 2014. There are 13 monitoring stations within research area to include recreational and industrial areas differing in hydrodynamic behavior. The research geography is being expanded yearly. At some of washing Vladivostok points plastic items are encountered on a regular basis. Sample taking is conducted by trawling for 1 mile with Neuston net (Apstein net) at a slow speed (2.5–3 knots), thus providing for a satisfactory observation and possibility to record pollution. The volume of the sea water pumped through the net at each site is about 10 cu.m. It has been found that the quality constitution of the samples studied is represented mostly by polyethylene, polypropylene, parts of cellulose. A certain amount of methyl aniline, formaldehydes, and monocarbonides was detected. All the said gives ground for ascertaining harmful influence of microplastics not only on sea water quality but on the state of marine biota. Microplastics is encountered in insignificant quantity in the Russian Far East waters. Nevertheless, the problem acuteness in the neighboring regions causes need of deeper studying of the microplastic nature, his distribution for coastal and sea water areas and impacts on the environment.

Keywords: Peter the Great gulf, microplastic, monitoring, coastal waters, pollution, sweeping

Оценка распределения микропластика в прибрежно-морских акваториях и его влияние на окружающую среду – важные экологические задачи, изучением которых занимаются специалисты в различных регионах мира. Россия не является исключением. Активные исследования микропластика в морской среде проводятся с 2014 г. на юге Дальнего Востока. Как показывают исследования, за последние сорок лет загрязнение Мирового океана пластиком до-

стигло таких масштабов, что этот материал уже стал частью рациона морских обитателей, а вслед за ними и частью рациона человека [1, 2]. Одной из ярко проявляющихся проблем загрязнения пластиком является гибель морских обитателей и птиц, которые легко принимают разноцветные кусочки пластика за нечто съедобное, пластиковые частицы заполняют желудочно-кишечный тракт, в результате чего особь погибает от голода.

До недавнего времени считалось, что отходы пластика формируют неблагоприятный эстетический эффект. Но исследования последних лет показали, что воздействие пластика сказывается и на безопасности мореплавания, и рекреационной деятельности [3]. Помимо механического воздействия существенным является и воздействие химическое. Экспериментальным путем установлено, что пластмассы относительно быстро разлагаются в морской среде под действием природно-климатических факторов [4]. Их структура способна разрушаться в результате гидролиза, фотолиза и других процессов, что ускоряет процессы деформации и выветривания. Таким образом в течение нескольких лет возможно образование фрагментов различной размерности, в том числе и микропластика, число которого ежегодно увеличивается практически во всех акваториях Мирового океана.

Появление микропластика в морской среде происходит преимущественно двумя способами: непосредственно со сбрасываемыми сточными водами (частицы могут содержаться в различных потребительских товарах: косметических скрабах, синтетических абразивах и т.д.), либо при выветривании макропластика. Проведенные японскими учеными эксперименты, в которых пластик подвергался естественным температурным и гидродинамическим процессам [2], показали, что, например, полистирол фрагментируется через год, и при его разложении в воде диагностируются опасные вещества (например, бисфенол А, циркулирующий углеводород и другие), влияющие на эндокринную систему и приводящие к онкологическим заболеваниям.

Помимо перечисленных встречаются и иные составляющие, такие как поливинилхлорид, полиметилметакрилат, фенопласты, аминокласты и поликарбонаты. Хотя все эти составляющие и относятся к группе полимеров, но при их разложении в морской среде выделяются различные вещества, по-разному влияющие на физиологические, морфологические и даже генетические свойства организма. Например, при распаде полистирола выделяется собственно стирол и бутадиев, который обладает сильным канцерогенным и мутагенным эффектом [4, 5]. При деградации поликарбонатов выделяется бисфенол А, который считается одним из самых опасных веществ, влияющих на репродуктивную способность.

Концентрация загрязняющих веществ и источники их поступления в прибрежно-морскую среду в России и других регионах

существенно различаются. И то, что микропластик является международной проблемой жители России даже и не подозревают, акцентируя внимание лишь на относительно крупных пластиковых объектах. Также следует отметить, что в России нет специального законодательства, рассматривающего вопросы мусора в прибрежно-морской зоне и в морских акваториях в целом, в отличие, например, от стран Юго-Восточной Азии, где загрязнение пластиком поверхности, толщи и донных субстратов регулируется на государственном уровне.

Побережье Дальнего Востока России имеет относительно невысокую освоенность. Небольшая плотность населения, развитие преимущественно добывающего сектора выделяют регион среди ближайших соседей. Однако неблагоприятное экологическое состояние характерно для его южной части. Залив Петра Великого выделяется не только как уникальный природно-климатический регион, где сочетаются виды умеренных и субтропических широт, но и как достаточно загрязненная акватория, особенно в своей северной части. Многочисленные источники загрязнения, сбрасывающие условно очищенные воды в залив, привносят в том числе и пластиковые частицы.

Подобная ситуация (с разной степенью напряженности) характерна для всех портовых акваторий. В связи с чем с целью разработки стратегии управления поверхностным загрязнением первоочередной задачей является формирование методической базы, а именно разработки методики мониторинга плавающего мусора. При этом основной задачей мониторинга выступает определение основных закономерностей появления, миграции мусора и мест его скопления. Регулярность процесса позволит констатировать источники загрязнения и определить перемещение мусора, а значит, оптимизировать систему очистных операций.

В соответствии с этим в заливе Петра Великого (Японское море) выделено 13 пунктов мониторинга, куда включены рекреационные и промышленные районы, различающиеся по гидродинамическому режиму, в пяти из которых регулярно встречаются пластиковые образцы [6]. География исследования в российских масштабах пока невелика, но ежегодно отмечается ее расширение. На рис. 1 указаны реперные пункты мониторинга микропластика в северной части залива Петра Великого. В образцах, поступающих из пролива Босфор Восточный и бухты Золотой Рог, регулярно

встречаются частицы микропластика размером около 2–3 мм. В открытых районах Уссурийского и Амурского заливов микропластик практически не представлен. Анализ условий окружающей среды в районах обнаружения элементов позволяет предположить, что наиболее вероятными источниками поступления загрязнителя являются береговые источники.

На рис. 2 приведен пример найденных в водах, омывающих Владивосток, фрагментов микропластика. Практически все частицы представлены полиэтиленом и полипропиленом. Максимальный размер идентифицированного образца составляет 11 мм (в бухте Улисс).

Отбор проб микропластика производился с парусно-моторной яхты планктонными сетями (Сеть Апштейна малая 67 мкм со стаканом 100 мл, размер конуса $d110 \times 200 \times d250 \times 400$ мм \times 45 мм) на небольшой скорости (2,5–3 узла), что позволило осуществить равномерный отбор проб. Объем прокачанной через сеть морской воды в каждом пункте составил около 10 м³. Благодаря наличию на конце сети металлического стакана с краном стало возможным оценить среднюю концентрацию содержащихся в исследуемой толще частиц. Процесс пробоотбора на акватории залива Петра Великого представлен на рис. 3.

Качественный анализ проб проводится с использованием методов масс-

спектрометрии и инфракрасной микроскопии. С помощью ИК-микроскопа Shimadzu AIM-8800 стало возможным не только получение ИК-спектров и изображения образцов, но и анализ многослойных объектов.

Данный подход является современным неразрушающим методом анализа в ИК-области спектра, который позволяет получать исчерпывающую информацию из микроскопического образца. В сочетании с ИК-спектрометром формируется мощная система, незаменимая для исследования твердых проб.

Среди всех синтетических материалов однозначным лидером считается полиэтилен – вещество, получаемое путем полимеризации молекул этилена при соблюдении определенных технологических процессов. Полиэтилен используется не только в качестве упаковочного материала, но и в строительной индустрии. Что касается целлюлозы, то она характеризуется полиморфическими свойствами и используется для производства искусственных волокон, что также обуславливает широкие возможности для ее применения как в быту, так и в производстве, что повышает вероятность ее появления в морской среде. В образцах, отобранных у северного побережья о. Русский в районе мыса Поспелова, часто встречались частицы полиэтилена и целлюлозы. На рис. 4 представлены результаты лабораторной обработки материалов.

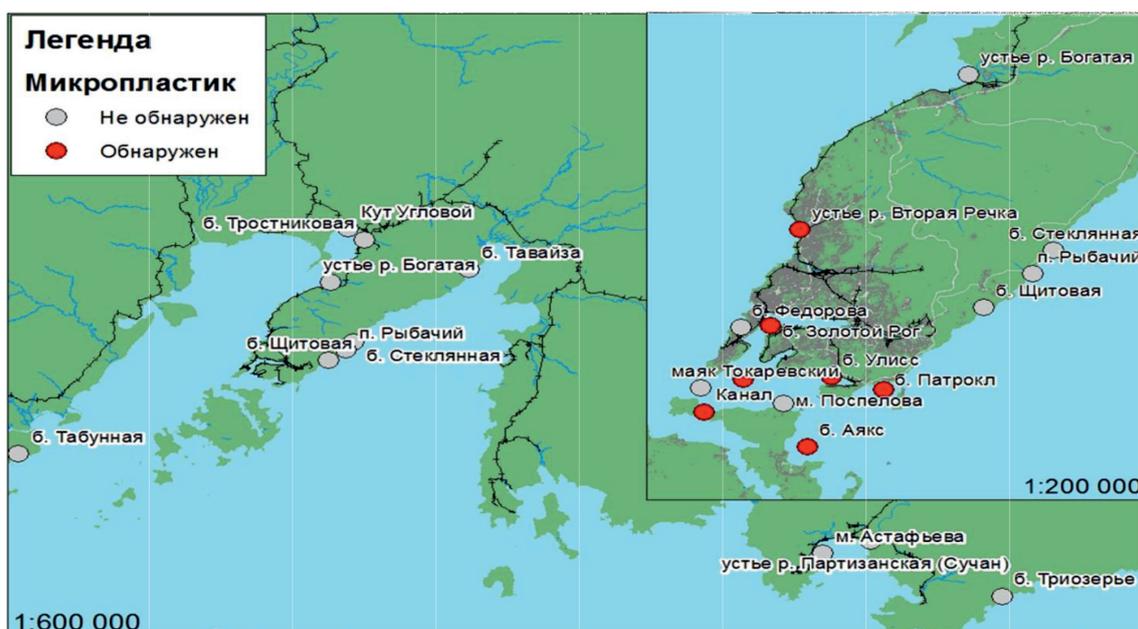
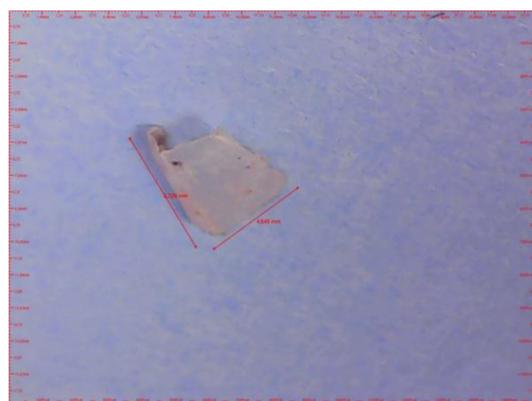


Рис. 1. Пункты мониторинга микропластика в литоральной зоне



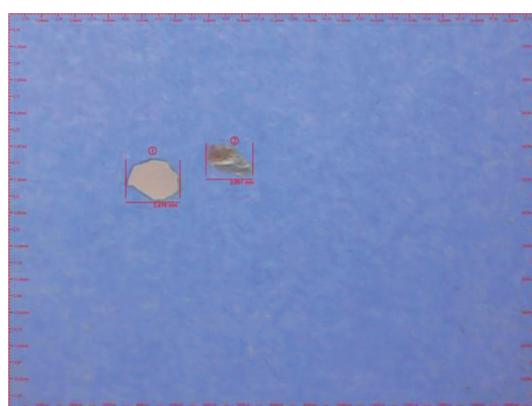
Бухта Улисс



Бухта Патрокл



Бухта Аякс



Канал (о. Русский)

Рис. 2. Фрагменты микропластика в пробах



Рис. 3. Отбор микропластика на акватории

Таким образом, следует констатировать, что большинство обнаруженных частиц микропластика включают опасные для окружающей среды соединения. Как уже отмечалось ранее, в образцах, полу-

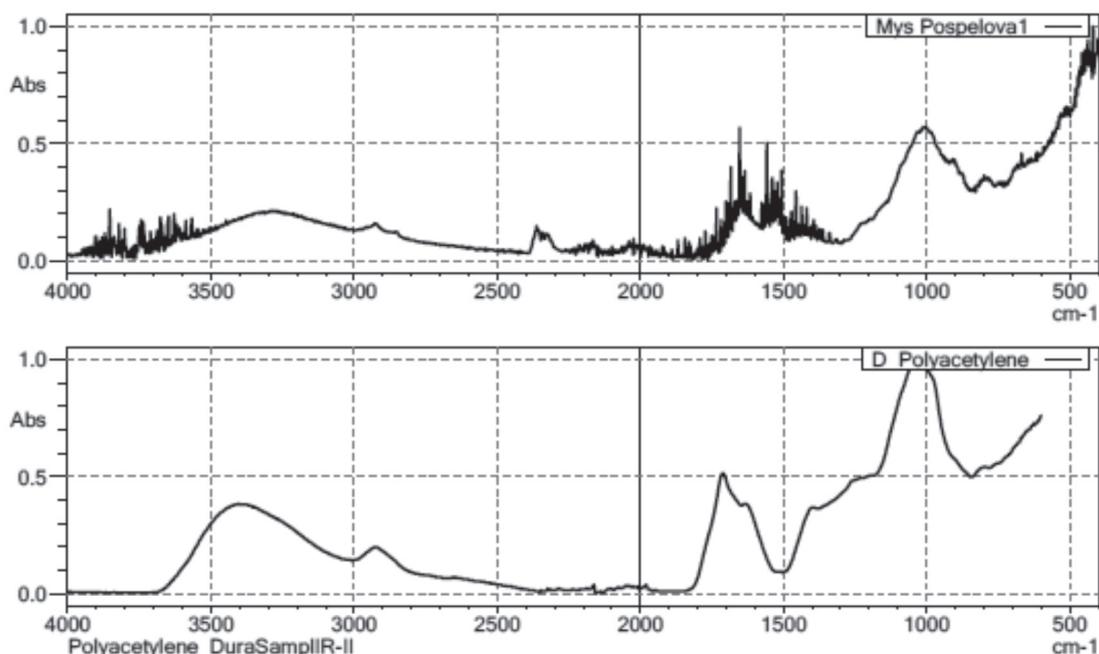
ченных из бухт Аякс и Улисс, наиболее часто встречается полипропилен, который является одним из наиболее востребованных полимеров. Это связано с его характеристиками, обусловленными раз-

нообразными способами получения и обработки. Получают его непосредственно из газообразного пропилена путем полимеризации. Этот полимер чаще всего используется для изготовления одноразовой посуды, которая составляет почти 90% рекреационных отходов. Рассматривая структуру макропластика, встречаемого в данных районах, следует отметить, что источником поступления этих поллютантов в морскую среду является именно рекреационная деятельность (в районе бухты Улисс располагается крупная стоянка яхтенного флота, в районе бухты Аякс – центр досуга и отдыха горожан).

Маршруты полевой съемки регулярно корректируются в соответствии с гидродинамическими факторами, однако в наиболее вероятных районах распределения микропластика в приповерхностной толще они остаются стабильными. На рис.

5 представлен регулярный маршрут пробоотбора в прибрежных водах Владивостока. По результатам данного прохода в начале сезона 2016 г. частицы микропластика были обнаружены не во всех пунктах, что, вероятно, связано с активным выносом частиц в открытую часть залива.

Получаемый объем данных значителен, поэтому для их обработки, интерпретации и последующей визуализации используются программные средства из семейства геоинформационных систем (ArcGIS). ГИС-технологии также позволяют автоматизировать некоторые этапы мониторинга во время последующих наблюдений. Особенности ГИС позволяют разрабатывать карты динамики загрязнения, проводить сравнительный анализ, а имеющаяся статистическая база данных становится значимым инструментом в процессе принятия решений по очистке акватории.



C:\Users\User\Desktop\IR Microplastics\Mys Pospelova1.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	672	27 - ATR-Polymer2	D_Polyacetylene	Polyacetylene DuraSamplIR-II
2	669	43 - A_FoodAdditives2	A_Microfibrillated Cellulose_100G-4	Microfibrillated Cellulose(Product name;CELISH FD-100GfCSales origin;Daicel Chemical Industries Ltd.)f@DuraSamplIR2(diamond)
3	667	8 - ATR-Polymer2	D_Cellulose2	Paper DuraSamplIR-II
4	667	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
5	667	50 - A_FoodAdditives2	A_Powdered Cellulose-4	Powdered Cellulose(Product name;VITACEL L-600fCSales origin;TOAKASEI CO.,LTD.)f@DuraSamplIR2(diamond)

Рис. 4. Полиэтилен и целлюлоза в образцах у м. Поспелова (о. Русский)



Рис. 5. Маршрут отбора проб микропластика

Проведенные наблюдения дают основание утверждать, что микропластик регулярно встречается в акватории залива Петра Великого. Качественный анализ полученных образцов позволяет предположить, что этот вид загрязнителя способен пагубно отразиться на качестве морской воды и состоянии морской биоты. Для оценки тенденций загрязнения и воздействия микропластика на основные компоненты экосистем исследования в данном направлении будут продолжены.

Список литературы

1. Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н. Об определении микропластика в донных отложениях // Материалы научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод». Часть 2. – Ростов-на-Дону, 8–10 сентября 2015. – С. 18–22.
2. Козловский Н.В., Блиновская Я.Ю. Микропластик – макропроблема мирового океана // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10–1. – С. 159–162.
3. Высоцкая М.В. Оценка факторов экологической безопасности при организации морской рекреации в Приморском крае / М.В. Высоцкая, В.Э. Охоткина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 4. – С. 85–89.
4. Пластиковый мусор разлагается в океане до ядовитых соединений: [Электронный ресурс] // Информационное агентство «ХимОнлайн». – 2010. URL: http://www.himonline.ru/news/?cat_id=1&id=171273 (дата обращения: 22.11.2017).

5. Shah A.A., Hasan F., Hameed A., Ahmed S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnol. Adv.* – 2008. – № 26 (3). – P. 246–265.

6. Якименко А.Л. Микропластик в Японском море // Российский студент – гражданин, личность, исследователь [Электронный ресурс]: Материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2015. – С. 322–323.

References

1. Kazmiruk V.D., Kazmiruk T.N. Ob opredelenii mikroplastika v donnyh otlozhenijah // Materialy nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Sovremennye problemy gidrohimii i monitoringa kachestva poverhnostnyh vod». Chast 2. Rostov-na-Donu, 8–10 sentjabrja 2015. pp. 18–22.
2. Kozlovskij N.V., Blinovskaja Ja.Ju. Mikroplastik makroproblema mirovogo okeana // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2015. no. 10–1. pp. 159–162.
3. Vysockaja M.V. Ocenka faktorov jekologicheskoj bezopasnosti pri organizacii morskoj re-kreacii v Primorskom krae / M.V. Vysockaja, V.E. Ohotkina // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2015. no. 4. pp. 85–89.
4. Plastikovyj musor razlagaetsja v okeane do jadovityh soedinenij: [Jelektronnyj resurs] // Informacionnoe agentstvo «HimOnlajn». 2010. URL: http://www.himonline.ru/news/?cat_id=1&id=171273 (data obrashhenija: 22.11.2017).
5. Shah A.A., Hasan F., Hameed A., Ahmed S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnol. Adv.* 2008. no. 26 (3). pp. 246–265.
6. Jakimenko A.L. Mikroplastik v Japonskom more // Rossijskij student grazhdanin, lich-nost, issledovatel [Jelektronnyj resurs]: Materialy H Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Nizhnij Novgorod: Nizhegorod. gos. tehn. un-t im. R.E. Alekseeva, 2015. pp. 322–323.