

УДК 502.1

doi:10.20998/2413-4295.2022.02.10

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ

А. О. БАРАНОВА*, Т. Б. НОВОЖИЛОВА, А. І. ЛИТОВКА, М. В. БІЛОУСОВ

кафедра Хімічна техніка та промислова екологія, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, УКРАЇНА
*e-mail: baranova647@gmail.com

АНОТАЦІЯ Найважливішою екологічною проблемою Світового океану є забруднення. Під забрудненням Океану розуміють пряме або побічне надходження речовин або енергії в морське середовище, що несуть такі шкідливі впливи, як заподіяння шкоди живим ресурсам, небезпека для здоров'я людей, перешкоди морської діяльності, включаючи рибальство, погіршення якості морської води. Пластик є найбільшою, найшкідливішою та найбільш стійкою частиною морського сміття, на яку припадає щонайменше 85 відсотків загального морського сміття. Він викликає смертельні та сублетальні ефекти у китів, тюленів, черепах, птахів і риб, а також у безхребетних, таких як двостулкові молюски, планктон, черви та корали. Наслідки включають заплутування, голодування, утоплення, розриви внутрішніх тканин, задушення та позбавлення кисню та світла, фізіологічний стрес та токсикологічну шкоду. Пластик також може змінити глобальний кругообіг вуглецю через свій вплив на планктон і первинне виробництво в морських, прісноводних і наземних системах. Сьогодні сукупні щорічні економічні втрати в результаті шкоди морській промисловості, включаючи витрати на очищення, оцінюються у 6–19 мільярдів доларів США. Оскільки ця оцінка не включає витрати на деградацію товарів і послуг екосистеми через морське сміття, вона, ймовірно, значно занижує загальні економічні втрати. Поєднання дешевого палива та неналежного збору відходів та їх переробки призвело до прогнозів, що до 2040 року очікувана маса витоку пластику в океані може становити 100 мільярдів доларів США. Ці цифри вказують на значні збитки для ринку та підкреслюють необхідність термінових заходів. Шляхами вирішення проблеми забруднення Світового океану є обмеження виробництва пластику, збільшити обсяги утилізації та розпочати виготовлення біорозкладного, нешкідливого для людського організму та навколишнього середовища, виду пластику, використання в кав'ярнях паперових або дерев'яних трубочок. Крім того, необхідний повний перехід з поліетиленових пакетів на багаторазові сумки.

Ключові слова: пластик; відходи; забруднення Світового океану; мікропластик

THE PROBLEM OF PLASTIC WASTE POLLUTION IN THE WORLD OCEAN

A. BARANOVA, T. NOVOZHILOVA, A. LITOVKA, M. BILOUSOV

Department of chemical engineering and industrial ecology, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT The most important environmental problem facing the world's oceans is pollution. Ocean pollution refers to the direct or indirect release of substances or energy into the marine environment causing such adverse effects as harm to living resources, harm to human health, disruption of marine activities, including fishing, and degradation of seawater quality. Plastic is the largest, most harmful and most persistent part of marine litter, accounting for at least 85 percent of total marine litter. They cause lethal and sublethal effects in whales, seals, turtles, birds and fish, as well as in invertebrates such as bivalves, plankton, worms and corals. Their consequences include confusion, starvation, drowning, rupture of internal tissues, suffocation and deprivation of oxygen and light, physiological stress and toxicological damage. Plastics can also change the global carbon cycle through their impact on plankton and primary production in marine, freshwater and terrestrial systems. Today, the total annual economic losses due to damage to the maritime industry, including cleaning costs, are estimated at 6 to 19 billion US dollars. As this estimate does not include the cost of degrading ecosystem goods and services through marine litter, it is likely to significantly underestimate the overall economic loss. The combination of cheap fuel and improper waste collection and recycling has led to estimates that by 2040 the expected mass of plastic leaks into the oceans could reach \$100 billion. These figures point to significant losses for the market and underscore the need for urgent action. Ways to solve the problem of pollution of the world's oceans include reducing the production of plastic, increasing recycling volumes and starting the production of a benign, non-harmful to the human body and the environment type of plastic, use of paper or wooden tubes in coffee shops. In addition, a complete transition from polystyrene bags to carrier bags is required.

Keywords: plastic; waste; pollution of the World Ocean; microplastic

Вступ

Водні організми постійно піддаються впливу пластикового забруднення. Найбільш стійкими фракціями морського сміття є синтетичні полімери та терморезистивні матеріали, у сукупності звані пластмасами; на них припадає близько 85% загального обсягу морських відходів. У прісноводних системах загроза фізичної шкоди від сміття та мікропластику залишається відносно маловивченою. На відміну від цього, у морському середовищі було проведено понад 100 000 морських досліджень щодо летального та нелетального впливу пластику на всі рівні харчового ланцюга, включаючи водорості, зоопланктон, ракоподібні та безхребетні, риби, птиці, черепахи та ссавці.

Основні спостережувальні ефекти пов'язані із заподіянням фізичної шкоди морським організмам, безпосередньо заплутуванням, удушенням від ковтання часток пластику; з хімічним впливом на морське середовище, виробленням патогенних речовин хімічного походження у зв'язку з деградацією та біоруйнуванням пластмас.

Вже понад десять років визнається, що мікропластик переносить ряд токсичних хімічних речовин, а також металів та мікробабудівачів у відкриті шари води, де вони можуть бути проковтнуті широким спектром морської фауни.

За останнє десятиліття було проведено широкий спектр лабораторних та експериментальних досліджень, які були доповнені польовими спостереженнями для того, щоб досягти кращого розуміння впливу мікро- та/або нанопластиків на різні організми. Однак моніторинг мікропластику залишається складним завданням як у навколишньому середовищі, так і у лабораторних умовах.

Мета роботи

Метою роботи є визначення впливу пластикового забруднення на Світовий океан.

Виклад основного матеріалу

За останні чотири десятиліття кількість пластикових відходів зросла в чотири рази. Попит на пластик продовжує зростати. За оцінками світового ринку пластику в 2016 році він становив 502 млрд дол. США, а в 2020 р. вже 580 млрд дол. [1].

Загальна маса пластику у світовому океані складає приблизно 268 тисяч тонн. Найбільш забрудненою є північна частина Тихого океану, а найчистішими стали південна частина Атлантичного океану та Середземне море [2].

Провівши 24 експедиції, такі результати досліджень отримали новозеландські науковці. Також вони створили інтерактивну мапу світу, яка ілюструє кількість пластикових відходів у різних регіонах [3].

Уперше «Велику тихоокеанську сміттєву пляму» (The Great Pacific Garbage Patch) було виявлено в 1997 році. Сміттєва пляма – це ділянка океану, на якій сконцентровано щільні масиви пластику та інших відходів, утворена Північно-Тихоокеанською системою течій [4].

Тихоокеанська сміттєва пляма – найбільша, але не єдина. Такі ж сміттєві водоверті є в Атлантичному та Індійському океанах. Відходи накопичуються, а пластик поступово подрібнюється на малі частинки. Тобто «сміттєва пляма» – це не завжди гора відходів, інколи це велика кількість мікрочастин пластику. Їх навіть не можна побачити неозброєним оком.

Мікроскопічні волокна, на які розпадається пластик, потрапляють у харчовий ланцюжок морських мешканців, завдаючи все більшої шкоди Світовому океану.

У воду більшість сміття потрапляє із суходолу. Наприклад, сміття із узбережжя Північної Америки пропливе водами океану приблизно шість років, щоб дістатися до Великої тихоокеанської сміттєвої плями. Подорож сміття з Японії займає близько року. Менше сміття залишається в океані від морських нафтових вишок і великих вантажних кораблів, які скидають сміття безпосередньо у воду або гублять товар, який доставляють. Згідно з Цілями сталого розвитку до 2025 року світ має суттєво скоротити усі типи забруднення морських екосистем, зокрема, забруднення внаслідок діяльності на суші [3].

Раніше вважалося, що 15 % пластику знаходиться на пляжах, 15 % – у морі, а 70% – на морському дні. Однак зараз вчені припускають, що на дні знаходиться 90 % пластику. Попри те, що пластик є одним із найбільш поширених матеріалів на планеті, яким є його вплив на здоров'я людини, усвідомлюється недостатньо. Проте вплив пластику поширюється на нові сфери довілля та харчового ланцюга, оскільки наявні пластикові вироби фрагментуються на менші частинки та концентрують токсичні хімічні речовини [5].

Наразі дослідження впливу пластику на здоров'я людини здебільшого зосереджуються на конкретних питаннях життєвого циклу пластику – від гирла свердловини до нафтопереробного заводу, від полиць магазинів до споживання людьми, а також від утилізації до постійного впливу – як забруднювача повітря та океанічного пластику. Кожен етап життєвого циклу пластику, взятий окремо, створює значні ризики для здоров'я людини.

Розуміння ризиків, пов'язаних із пластиком, та реагування на них, а також прийняття обґрунтованих рішень щодо цих ризиків вимагає підходу повного життєвого циклу до оцінювання комплексного впливу пластику на здоров'я людини. Йдеться про те, щоб ми не створювали ще більших та складніших екологічних проблем, намагаючись вирішити цю [6].

Видобуток нафти та газу, зокрема використання гідравлічного розриву пластів для видобутку природного газу, призводить до викиду безлічі токсичних речовин у повітря та воду, часто у значних обсягах. Понад 170 хімічних речовин, необхідних для здійснення гідророзриву, що використовуються для виробництва основних первинних матеріалів для пластику, мають відомі наслідки для здоров'я людини, зокрема канцерогенні захворювання, нейротоксичність, токсичність для репродуктивної системи та розвитку, погіршення імунної системи тощо.

Ці токсини мають безпосередній і документально зафіксований вплив на шкіру, очі та інші органи чуття, дихальну, нервову та шлунково-кишкову системи, печінку та мозок [7].

Перетворення палива в смоли пластмаси та полімерні добавки призводить до викидів у повітря канцерогенних та інших високотоксичних речовин. Задokumentовані наслідки впливу цих речовин охоплюють порушення нервової системи, репродуктивні проблеми та проблеми розвитку, рак, лейкомію та генетичні наслідки, зокрема, таких як низька вага тіла при народженні.

Використання пластикових виробів призводить до заковтування та/або вдихання великої кількості як частинок мікропластику, так і сотень токсичних речовин, що мають канцерогенний вплив та зумовлюють порушення розвитку та ендокринної системи.

Мікропластик, що потрапляє в організм людини шляхом прямого впливу через контакт зі шкірою, ковтання або вдихання, може призвести до низької негативних процесів, зокрема запалень, генотоксичності, оксидативного стресу, апоптозу та некрозу, що пов'язані з безліччю наслідків для здоров'я, наприклад, рак, серцево-судинні захворювання, запальні захворювання кишківника, діабет, ревматоїдний артрит, хронічне запалення, аутоімунні захворювання, нейродегенеративні захворювання та інсульт [8].

Брак даних щодо хімічних речовин, присутніх у більшості пластиків, та процесів їх виробництва перешкоджає комплексному оцінюванню їх впливу. Широкий захист конфіденційної бізнес-інформації та неадекватні вимоги до розкриття інформації відіграють ключову роль у створенні такої невизначеності й знижують здатність регуляторних органів розробляти адекватні гарантії; споживачів – робити обґрунтований вибір; а громад, що найбільше

потерпають, і сусідніх громад – обмежувати вплив пов'язаних із пластиком загроз для здоров'я.

Пластик не лише забруднює навколишнє середовище та загрожує тваринам і людям, але і «робить свій внесок» у зміну клімату. Про це повідомляють із Програми ООН з навколишнього середовища, посилаючись на дані нового дослідження, проведеного в Гавайському університеті [9].

Розкладаючись, під впливом сонячної радіації пластик виділяє домішки парникових газів метану та етилену, до того ж з часом обсяги емісій зростають. Дослідники протестували цілий ряд матеріалів, що містяться в тканинах, будівельних матеріалах, виробах із пластику. Результати говорять про те, що пластик є джерелом газоподібних домішок, які впливають на клімат [10–12].

Особливо небезпечні пакети, які в більших кількостях містять поліетилен – один з найактивніших джерел метану та етилену. За оцінками, починаючи з 1950 року було вироблено понад вісім мільярдів тонн пластикових пакетів. Очікується, що в найближчі 20 років їх річне виробництво зросте вдвічі.

Обговорення результатів

На фоні прогнозованого росту виробництва пластику на глобальному рівні важливо, щоб виробники пластику, а також держави, які намагаються зупинити зміни клімату, розуміли, які масштаби викидів метану та етилену і як вони впливають на екосистеми. На думку дослідників, їхні відкриття лише підтверджує необхідність боротися з використанням пластику, який, як з'ясувалося, сприяє глобальному потеплінню.

У цілому, концентрація метану в атмосфері, що потрапляє туди з різних джерел, за останні два століття подвоїлася. За оцінками Міждержавної групи по зміні клімату, здатність метану затримувати тепло та нагріти атмосферу – у 86 разів вища, ніж у вуглекислого газу, але емісії метану не так великі, як викиди CO₂. Його джерела, крім пластику – сільське господарство та культивування рису, тваринництво, а також виробництво та використання вугілля, нафти й природного газу.

Висновки

Шляхами вирішення проблеми забруднення Світового океану є обмеження виробництва пластику, збільшення обсягів утилізації пластикових відходів, виготовлення біорозкладного, нешкідливого для людського організму та навколишнього середовища, виду пластику, використання в кав'ярнях паперових або

дерев'яних трубочок. Крім того, необхідний повний перехід з поліетиленових пакетів на багаторазові сумки.

Список літератури

1. Aanesen M., Armstrong C., Czajkowski M., Falk-Petersen J., Hanley N., Navrud S. Willingness to pay for unfamiliar public goods: Preserving cold-water coral in Norway. *Ecological Economics*. 2016. No. 3. P. 53–67. doi: 10.1016/j.ecolecon.2015.02.007.
2. Arcangeli A., Campana I., Angeletti D., Atzori F., Azzolin M., Carosso L. Amount, composition, and spatial distribution of floating macro litter along fixed trans-border transects in the Mediterranean basin. *Marine Pollution Bulletin*. 2017. No. 129(2). P. 545–554. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.10.028.
3. Ashbullby K. J., Pahl S., Webley P., White M. P. The beach as a setting for families' health promotion: A qualitative study with parents and children living in coastal regions in Southwest England. *Health and Place*. 2013. No. 23. P. 138–147. doi: 10.1016/j.healthplace.2013.06.005.
4. Balestri E., Menicagli V., Vallerini F., Lardicci C. Biodegradable plastic bags on the seafloor: A future threat for seagrass meadows? *Science of The Total Environment*. 2017. 605–606. P. 755–763. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.249.
5. Barboza L. G. A., Gimenez B. C. G. Microplastic in the marine environment: Current trends and future perspectives. *Marine Pollution Bulletin*. 2015. No. 97. (1–2). P. 5–12. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.06.008.
6. Barra C., Brandts I., Torta L., Oliveira M., Telesa M. Effect of nanoplastics on fish health and performance: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 2020. No. 151. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110791.
7. Black J. E., Kopke K., O'Mahony C. A trip upstream to mitigate marine plastic pollution – a perspective focused on the MSFD and WFD. *Frontiers in Marine Science*. 2020. No. 6, P. 1–6. doi: 10.3389/fmars.2019.00689.
8. Bucol L., Romanos E., Cabcan S., Siplon L. M., Madrid G. C., Bucol A., Polidoro B. Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscus*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*. 2020. No. 150. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110685.
9. Cheung P. K., Cheung L. T. O., Fok L. Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in the estuary of a subtropical macroscale drainage basin in South China. *Science of The Total Environment*. 2016. No. 562. P. 658–665. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.048.
10. Costanza R., de Groot R., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 2014. No. 26. P. 152–158. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
11. 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. No. 12(5). P. 592–599. doi: 10.1071/EN14167.

12. Groh K. J., Backhaus T., Carney-Almroth B., Gueke B., Inostroza P. A., Lennquist A. et al. Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of The Total Environment*. 2019. No. 651. P. 3253–3268. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.015.

References (transliterated)

1. Aanesen M., Armstrong C., Czajkowski M., Falk-Petersen J., Hanley N., Navrud S. Willingness to pay for unfamiliar public goods: Preserving cold-water coral in Norway. *Ecological Economics*, 2016, no. 3, pp. 53–67, doi: 10.1016/j.ecolecon.2015.02.007.
2. Arcangeli A., Campana I., Angeletti D., Atzori F., Azzolin M., Carosso L. Amount, composition, and spatial distribution of floating macro litter along fixed trans-border transects in the Mediterranean basin. *Marine Pollution Bulletin*, 2017, no. 129 (2), pp. 545–554, doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.10.028.
3. Ashbullby K. J., Pahl S., Webley P., White M. P. The beach as a setting for families' health promotion: A qualitative study with parents and children living in coastal regions in Southwest England. *Health and Place*, 2013, no. 23, pp. 138–147, doi: 10.1016/j.healthplace.2013.06.005.
4. Balestri E., Menicagli V., Vallerini F., Lardicci C. Biodegradable plastic bags on the seafloor: A future threat for seagrass meadows? *Science of The Total Environment*, 2017, 605–606, pp. 755–763, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.249.
5. Barboza L. G. A., Gimenez B. C. G. Microplastic in the marine environment: Current trends and future perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, no. 97 (1–2), pp. 5–12, doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.06.008.
6. Barra C., Brandts I., Torta L., Oliveira M., Telesa M. Effect of nanoplastics on fish health and performance: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, no. 151, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110791.
7. Black J. E., Kopke K., O'Mahony C. A trip upstream to mitigate marine plastic pollution – a perspective focused on the MSFD and WFD. *Frontiers in Marine Science*, 2020, no. 6, pp. 1–6, doi: 10.3389/fmars.2019.00689.
8. Bucol L., Romanos E., Cabcan S., Siplon L. M., Madrid G. C., Bucol A., Polidoro B. Microplastics in marine sediments and rabbitfish (*Siganus fuscus*) from selected coastal areas of Negros Oriental, Philippines. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, no. 150, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.110685.
9. Cheung P. K., Cheung L. T. O., Fok L. Seasonal variation in the abundance of marine plastic debris in the estuary of a subtropical macroscale drainage basin in South China. *Science of The Total Environment*, 2016, no. 562, pp. 658–665, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.048.
10. Costanza R., de Groot R., van der Ploeg S., Anderson S. J., Kubiszewski I., Farber S. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 2014, no. 26, pp. 152–158, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.
11. 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, no. 12(5), pp. 592–599, doi: 10.1071/EN14167.
12. Groh K. J., Backhaus T., Carney-Almroth B., Gueke B., Inostroza P. A., Lennquist A., et al. Overview of known plastic packaging associated chemicals and their hazards. *Science of The Total Environment*, 2018, no. 651, pp. 3253–3268, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.015.

Відомості про авторів (About authors)

Баранова Антоніна Олегівна – доктор філософії в галузі екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ст. викладач кафедри хімічної техніки та промислової екології, м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-1079-7856; e-mail: baranova647@gmail.com.

Antonina Baranova – PhD, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", senior lecturer at the Chemical engineering and industrial ecology Department, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-1079-7856; e-mail: baranova647@gmail.com.

Новожилова Тетяна Борисівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія»; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-2551-6954; E-mail: Tetiana.Novozhylova@khp.edu.ua

Tatiana Novozhilova – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", associate professor at the Chemical engineering and industrial ecology Department, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-2551-6954; E-mail: Tetiana.Novozhylova@khp.edu.ua

Літовка Анна Ігорівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студентка кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія»; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-3445-4882; E-mail: Anna.Litovka@mit.khp.edu.ua

Anna Litovka – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student at the Chemical engineering and industrial ecology Department, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-3445-4882; E-mail: Anna.Litovka@mit.khp.edu.ua

Білоусов Максим Віталійович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент кафедри «Хімічна техніка та промислова екологія»; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-7030-5526; E-mail: Maksym.Bilousov@mit.khp.edu.ua

Maksim Bilousov – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student at the Chemical engineering and industrial ecology Department, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-7030-5526; E-mail: Maksym.Bilousov@mit.khp.edu.ua

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Баранова А. О., Новожилова Т. Б., Літовка А. І., Білоусов М. В. Проблема забруднення світового океану пластиківими відходами. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 2 (12). С. 69-73. doi:10.20998/2413-4295.2022.02.10.

Please cite this article as:

Baranova A., Novozhilova T, Litovka A., Bilousov M. The problem of plastic waste pollution in the World Ocean. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 2 (12), pp. 69-73, doi:10.20998/2413-4295.2022.02.10.

Надійшла (received) 08.06.2022