

ПЛАСТИКОВА УПАКОВКА НА МОРСЬКИХ СУДНАХ У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ МІКРОПЛАСТИКУ

Кірсанова В.В., Биковець Н.П., Чумаченко М.М.

Дунайський інститут

Національного університету «Одеська морська академія»

вул. Фанагорійська, 9, 68607, м. Ізмаїл, Одеська область

vvkirsanova@ukr.net, bnp.di2017@gmail.com, m.n.chumachenko@gmail.com

У статті наведено коротку характеристику пластмас і вказано на різноманітність їхньої хімічної будови. Також вказується на збільшення спектра властивостей пластмас завдяки додаванню наповнювачів, стабілізаторів, барвників та інших композиційних матеріалів, які розширюють хімічну різноманітність пластмас. Розглянуто особливості фізичної деструкції пластмас і їхнє поступове перетворення в мікро- і наночастинки, які можуть зберігатися в екосистемах упродовж сотень років. Робота інформує про виявлення мікропластику в повітрі, ґрунті і відкладеннях, прісних водах, морях, океанах. Вказується на проникнення мікрочастинок у харчові ланцюжки біосфери, а саме: виявлення мікропластику в організмі різних морських тварин і в організмі людини. Розглядається їхній негативний вплив на морську біоту і проникнення мікрочастинок розміром менш <math>< 5\text{ мкм}</math> через стінку шлунково-кишкового тракту. Враховується біокумуляція, виникнення якої можливе, коли споживання перевищує відходи або коли частинки асимілюються в тканинах або органах. У роботі наведено приклади, які підтверджують потенційне перенесення мікропластику від здобичі до хижака. Вказується прийнята класифікація мікрочастинок пластику та складність їхньої ідентифікації. Наведено об'єми відходів пластику, які потрапляють у Світовий океан щороку. Для людства – це ще одна глобальна екологічна проблема, яку необхідно вирішувати спільно. У зв'язку з цим запропоновано різні технічні рішення для збору пластику у Світовому океані. Одним із запропонованих рішень є відмова від пластикової упаковки. Перераховуються можливі альтернативи пластиковій упаковці, яка становить 40 % від загального об'єму пластикових відходів. Проаналізовано правила утилізації пластикових відходів під час експлуатації морського транспорту, а також план дій із скорочення кількості морського пластикового сміття із суден. *Ключові слова:* мікропластик, наночастинки, пластикові відходи, навколишнє середовище, біокумуляція, судно.

Plastic packaging on maritime vessels in the context of the global ecological problem of microplastics. Kirsanova V., Bykovets N., Chumachenko M.

The article deals with a brief description of plastics and the diversity of their chemical structure. It also indicates the increasing in the range of properties of plastics due to the addition of fillers, stabilizers, dyes and other composite materials that expand the chemical diversity of plastics. The features of the physical destruction of plastics and their gradual transformation into micro- and nanoparticles, which can be stored in ecosystems for hundreds of years, are considered. The article informs about the identification of microplastics in the air, soil and sediments, fresh waters, seas, oceans. It indicates the penetration of microparticles into the food chains of the biosphere, namely the detection of microplastics in the body of various marine animals and in the human body. Their negative effect on marine biota and the penetration of microparticles less than <math>< 5\mu\text{m}</math> in size through the wall of the gastrointestinal tract are considered. Biocumulation is taken into account, the occurrence of which is possible when the absorption exceeds the emission or when the particles are assimilated in tissues or organs. The author gives examples that confirm the potential transfer of microplastics from prey to predator. The accepted classification of plastic microparticles and the complexity of their identification are indicated. The volumes of plastic waste that enter the oceans every year are shown. For humanity, this is another global environmental problem that must be solved together. In this regard, various technical solutions for collecting plastic in the oceans have been proposed. One of the proposed solutions is to say no to plastic packaging. Possible alternatives to plastic packaging, which accounts for forty percent of the total volume of plastic waste, are listed. The rules for the disposal of plastic waste during the operation of sea transport, as well as an action plan to reduce the amount of marine plastic waste from ships, are analyzed. *Key words:* microplastics, nanoparticles, plastic waste, environment, biocumulation, vessel.

Постановка проблеми. Синтетичні полімери, об'єднані в загальну групу за своїми пластичними властивостями, характеризуються різноманітністю хімічної будови, стійкістю до дії різних агресивних чинників, що зумовлює їхнє широке поширення. Внаслідок цього в довкіллі накопичено величезну кількість пластикового сміття. Майже пів століття людство стурбовано негативним впливом високо-токсичного та біокумулятивного діоксину, який утворюється під час повільного розкладання багатьох пластмас у присутності світла і Оксигену,

а також під час їхнього спалювання за низьких температур. На початку ХХІ століття виявлено нову проблему, пов'язану з накопиченням пластикового сміття. Виявлено здатність пластику деградувати, перетворюючись на дрібні, не завжди видимі частинки, які проникли в харчові ланцюги. На жаль, обсяги виробництва пластмас збільшуються. Вплив мікрочастинок пластику на біосферу мало вивчений, проте зрозуміло, що важливим елементом у боротьбі з поширенням мікропластику є відмова від пластикової упаковки. Деякі країни вже відмо-

вилися від небезпечної упаковки, з одного боку – це дуже добре. З іншого – з'являється проблема щодо обмеження використання пластикової упаковки на морських судах.

Актуальність дослідження. На початку XXI століття виявлено нову екологічну проблему глобального масштабу, яка пов'язана з накопиченням пластмас у навколишньому середовищі. Мікропластики, маючи дуже малий розмір частинок, мають властивість проникати в харчові ланцюжки біосфери. Проведені дослідження дали змогу виявити мікропластики в організмі різних морських тварин, а також визначити їхній негативний вплив на морську біоту загалом. Отже, необхідно проводити та впроваджувати заходи, що будуть спрямовані на нейтралізацію дії мікропластику в їжі, повітрі, воді.

Масштаби використання людством пластикових предметів, виробів тощо занадто великі. І це має безпосередній зв'язок із використанням різних предметів із пластику й на судні також. Введення заборони на використання пластикових предметів особистої гігієни, пластикової упаковки та іншого на судні однозначно призведе до зменшення забруднення Світового океану пластиковими відходами із суден.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пластмаси – це хімічні сполуки, отримані на основі синтетичних або природних полімерів (смола), які синтезуються в результаті полімеризації або поліконденсації мономерів у присутності каталізаторів за певних температурних режимів і тиску. Під час переробки за певних умов вони проявляють пластичність і здатність до формування або деформації. Найпоширенішими з них є поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, поліметилметакрилат, фторопласти та інші сполуки.

З метою розширення спектра властивостей у пластмаси часто додаються наповнювачі, стабілізатори, пігменти. Також можуть складати композиції з додаванням органічних і неорганічних волокон, сіток і тканин. Наповнювач може становити понад половину складу пластмаси. Отже, пластмаси здебільшого є багатокомпонентними сумішами і композиційними матеріалами, які характеризуються різноманітністю хімічної будови й, відповідно, різноманітністю хімічних і фізичних властивостей [1]. Використання пластмас дає майже необмежені можливості для формоутворення, даючи змогу втілювати в реальність будь-які дизайнерські ідеї та отримувати деталі найскладніших форм. До переваг пластмас можна віднести їхню високу корозійну стійкість, стійкість до атмосферних дій, кислот, лугів і інших агресивних продуктів хімії, відмінні електро- і теплоізоляційні властивості, а також високий коефіцієнт шумозаглушення.

Без цих матеріалів сучасне життя уявити доволі складно. Проте пластмаси характеризуються істотними недоліками. За тривалого зберігання макромолекули цих матеріалів подрібнюються, змінюється

молекулярна маса, внаслідок чого відбувається зміна фізико-механічних властивостей речовин.

Ще у 80-х роках минулого століття було доведено, що результатом спалювання твердих побутових відходів, до складу яких входять пластмаси, є утворення діоксинів. Діоксини – це хімічні сполуки, що є побічними продуктами високотемпературних хімічних реакцій. Це групи хімічних сполук, для яких характерна присутність молекул хлору, зв'язаних з атомами вуглецю. Характерною особливістю діоксину є висока стійкість до хімічного і біологічного розкладання. Вони здатні зберігатися й накопичуватися в навколишньому середовищі, концентруватися у біомасі та переноситися харчовими ланцюжками. Діоксини є суперінтоксикантами, універсальними клітинними отрутами, що вражають усе живе. Поєднання високої токсичності, біокумулятивності і канцерогенності зумовлює небезпеку діоксинів для живої матерії [2].

Нова екологічна проблема пов'язана з накопиченням пластмас у довкіллі. За тривалого зберігання стійкі до агресивного середовища пластмаси піддаються деструкції та перетворюються на мікрочастинки, що називаються мікропластиками, які можуть зберігатися в екосистемах упродовж сотень років. Розмір цих мікрочастинок становить менше п'яти міліметрів. Майже увесь пластик, який був коли-небудь створений, накопичився та існує в тій або іншій формі сьогодні. Мікропластики виявлені в повітрі, ґрунті та відкладеннях, прісних водах, морях, океанах, рослинах, тваринах і походять від пластмасових виробів, текстилю, промисловості, сільського господарства і загальних відходів [3]. Встановлено їхню різноманітність, а також їхнє проникнення в харчові ланцюжки біосфери [4]. В результаті проведених досліджень виявлено мікропластики в організмі різних морських тварин. Також визначено їхній негативний вплив на морську біоту. Риба та ракоподібні належать до найбільш вивчених груп. За ними далі йдуть молюски та черв'яки-гризуни. На жаль, треба зазначити, що дуже мало досліджень проводиться з іншими групами організмів. В організмі риб мікропластик виявлений у кишечнику, печінці, а також зосереджений у зябрах. В екосистемах гідросфери пластикове сміття сприймається як здобич. Потрапляння пластику до організму риби, наприклад, під час проковтування пластику залежить від його розміру, від кількості пластикових відкладень у навколишньому середовищі, а також від режиму харчування хижака та від анатомії органів травлення. Також можливе проковтування дуже дрібних частинок разом із водою. Рівень споживання води прісноводних риб порівняно низький, чого не можна сказати про морську рибу, яка п'є майже постійно, щоб підтримувати гомеостаз [5]. Отже, особливо в морському середовищі дуже дрібні частинки пластику можуть бути пасивно проковтнуті на регулярній

основі. Питво було визначене як можливе джерело споживання мікропластику насамперед для морських видів риб [6].

Частинки розміром менше 5 мкм можуть проходити крізь стінку шлунково-кишкового тракту. Виникнення біокумуляції можливе, коли поглинання перевищує викид життєдіяльності організму або коли частинки асимілюються в тканинах або органах. Ефект накопичення може бути значним, особливо у видів, які довго живуть. Та обов'язково треба враховувати властивість мікропластику переноситися через харчовий ланцюг. У [6–8] описано приклади, які підтверджують потенційне перенесення мікропластику від здобичі до хижака.

У річковому та морському середовищах було проведено численні дослідження, присвячені впливу пластмас на біоту. Проте встановити причинно-наслідковий зв'язок ризиків, пов'язаних із впливом мікропластику на довкілля, складно. Складнощі зумовлені особливостями процесів деструкції пластмас. Процес утворення мікрочастинок пластику спостерігається як результат нестійких з'єднань між мономерами в полімерних молекулах пластмас. У результаті в екосистемах зосереджено мікрочастинки пластику різного розміру, оскільки синтетичні полімери, деградуючи, поступово розпадаються до мономерів.

Класифікація мікрочастинок пластику складена відповідно до визначень Європейської комісії для сконструйованих наночастинок (engineered nanoparticle (ENP)) [9–11]. Мікрочастинки визначаються як частинки в діапазоні розмірів від 1 мкм до 5 мм. Наночастинки пластику, які називають нанопластиком, є в діапазоні від 1 нм до 100 нм, а частинки розміром від 100 нм до 1 мкм називають субпластичними.

Одним із завдань є розроблення методики досліджень для кожної фракції мікрочастинок пластику. Фракції від 1 мкм до 5 мм можна вивчати за допомогою світлового мікроскопа, але при цьому виникає проблема диференціації частинок пластмас від інших органічних частинок. Щоб розробити репрезентативні й статистично достовірні висновки про рівень мікропластичного забруднення в будь-якому конкретному зразку, потрібна стандартизація та автоматизація мікроскопічних методів для точного визначення кількості частинок на зразок [12].

Передбачається, що нанопластичні і субпластичні частинки є найбільш токсичними для навколишнього середовища, оскільки вони здатні проникати через мембрани клітин. Ідентифікація нанопластику є складнішою порівняно з ідентифікацією мікропластику та потребує дорогого устаткування. Розроблено методику визначення наночастинок у живій матерії. Проте в цих дослідженнях використовуються наночастинки неорганічних речовин, а наночастинки пластмас є органічними сполуками, до складу яких входить карбон. Потрібна модифікація, а точніше – розроблення нової методики досліджень. Під

час дослідження наночастинок необхідно використати новий підхід в аналітичній методології. Це стосується конкретних характеристик, таких як розподіл частинок за розмірами або морфологія та хімічна ідентичність, для яких знадобляться методи, які виявляють частинки в нанометровому діапазоні. Крім того, відповідна обробка зразка, особливо попередня концентрація, а також стадія розділення для правильної ізоляції частинок будуть важливою частиною необхідного протоколу. Але для щоденного аналізу та виявлення мікропластику в навколишньому середовищі в продуктах харчування та в живих організмах потрібні доступні методи.

Складнощі ідентифікації мікропластику також зумовлені його різноманітністю не лише за розміром, але й за формою та хімічним складом. Концентрація мікропластику в довкіллі варіює, що також ускладнює дослідження. Токсичність мікропластику може виходити передусім від самого полімеру, полімерних домішок, які покращують властивості пластику; від забруднюючих речовин, частинки яких накопичуються у навколишньому середовищі; від бактерій, які пластикові вироби переносять на своїх поверхнях. Ізолювати та нейтралізувати дію мікропластику в їжі, в повітрі сьогодні практично неможливо. Попри те, що було проведено багато досліджень у галузі макро- й мікророзмірних пластиків, частка нанорозмірних пластиків залишається недослідженою [13].

Дослідницька група з Університету штату Вашингтон займалась аналізом агрегації та стабільності нанорозмірних пластиків у водному середовищі [14]. Вченими було вивчено життєвий цикл наночастинок поліетилену і полістиролу, які входять до складу величезної кількості виробів, включно з поліетиленовими пакетами, предметами особистої гігієни, кухонною технікою, одноразовим посудом для пиття та їжі, пакувальним матеріалом. Вони досліджували, яким чином крихітні пластмасові частинки поводити себе за різних хімічних реакцій у різних середовищах – від солоної морської води до води, що містить органічний матеріал, та виявили, що кислотність води мало впливає на нанорозмірні пластики. Сіль і природні органічні речовини важливі для визначення того, як пластмаси рухаються або осідають. Крихітні пластмаси накопичуються в навколишньому середовищі, але наслідки для здоров'я та довкілля ще невідомі. Визначено, що щодня близько 8 трильйонів шматочків мікропластику проходять через очисні споруди і потрапляють у водне середовище [15].

Щороку близько 8 мільйонів тонн відходів пластику потрапляють в океани. З часом ці відходи у вигляді, наприклад, пляшок, пакетів розпадаються на частинки розміром у мікро- або навіть й нанометри. Мікропластики вже цілком заволоділи навколишнім простором: вони містяться в повітрі, ґрунті, воді. Ці частинки проникли в харчовий ланцюг і споживаються в їжу, зокрема, й людьми.

Проведені дослідження виявили в травній системі людини дев'ять видів пластику. Для визначення їхнього впливу на фізіологічні процеси організму людини й інших видів живої матерії потрібні додаткові дослідження [16].

Отже, людство виявило ще одну глобальну екологічну проблему, яка потребує негайного вирішення. Вже запропоновано різні способи зменшення пластикових відходів, накопичених в екосистемах планети. Насамперед увага приділяється екосистемі Світового океану. Для пластикових відходів характерна низька щільність, тому вони пересуваються вітром на великі відстані та накопичуються біля берегів річок і озер. Далі річковими стоками це сміття відноситься до морів і океанів.

Сьогодні вже є кілька запропонованих і реалізованих технічних рішень для збору пластику у Світовому океані. Нідерландець Боян Слат спроектував 600-метровий плавучий бар'єр із гнучких балок із підводною сіткою. Ця величезна система вільно переміщується хвилями та під час руху тягне за собою все сміття, яке прибивається до неї. Процес нагадує прибивання сміття біля берегової лінії. Пристрій здатний збирати сміття, яке плаває в океані, найрізноманітнішого розміру – від покинутих рибальських сіток та автомобільних покришок до невеликих шматочків пластику. Зібрані таким чином відходи, які переміщуються всередині системи, можна потім завантажувати на борт суден і вивозити на сушу для подальшої переробки [17]. У червні 2019 року компанією «Ocean Cleanup», заснованою Боян Слатом, був сконструйований і пройшов вдаль випробування плавучий пристрій на сонячних батареях «Перехоплювач» [18]. Ця унікальна система може зібрати за день щонайменше 50 тонн пластику.

У Лондоні було представлено проєкт спеціалізованого корабля для збору пластикових відходів у Світовому океані. В середньому за рік один корабель SeaVax повинен виробити достатню кількість енергії, щоб обробити 89,9 мільйонів літрів морської води, що на сильно забруднених ділянках океану може скласти порядку 22 400 000 кг пластику біля джерела енергії [19].

Вдосконалення системи переробки пластику має велике значення для зменшення пластикових відходів. Сьогодні у світі від загальної маси пластикових відходів переробляють тільки 10 %. З метою вирішення проблеми пластикових відходів підприємства об'єднують свої зусилля з органами влади в боротьбі із забрудненням навколишнього середовища. Дотримуючись загального бачення та спільних цілей у вирішенні глобальної проблеми пластикового забруднення ними підписане Глобальне зобов'язання з «Нової економіки пластмас» (The New Plastics Economy Global Commitment). Метою зобов'язання є намагання до 2025 року запобігти попаданню пакувальних матеріалів у навколишнє середовище, а також спрямувати виробництво на створення плас-

тикової упаковки, придатної для вторинної переробки або повторного використання. Усі учасники схвалили одну загальну концепцію кругової економіки для пластмас, в якій пластмаси ніколи не стають відходами. Глобальне зобов'язання з «Нової економіки пластмас» очолюється Фондом Елен Макартур у співпраці з Програмою ООН з навколишнього середовища [20]. Згідно із зобов'язанням, прийнятим компаніями та урядами відповідно до угоди «The New Plastic Economy Global Commitment» про глобальне скорочення пластикових відходів головна роль відводиться хімічній переробці. Воно має бути реалізоване до 2030 року. Аналітики вважають, що перероблені матеріали зможуть становити понад 50 % від обсягу виробництва нової упаковки. Велике значення має запланований перехід на альтернативну упаковку. Більшість споживчих товарів до 2025 року продаватимуться без використання одноразової пластикової упаковки. Понад 60 країн розпочали боротьбу з пластиком на законодавчому рівні. За попередніми підрахунками, у світі щогодини використовується близько 5 трильйонів пластикових пакетів. Інакше кажучи, близько 10 мільйонів пакетів за хвилину [21]. Зокрема, у боротьбі з пластиком супермаркети припинили видавати безкоштовні пакети для покупок. До 2021 року в ЄС будуть повністю заборонені одноразові столові прилади й тарілки з пластику [22]. Все більше компаній скорочують обсяги пластмас в упаковці продуктів (а це близько 40% усього пластику). Очікується поява нових типів рішень для роздрібної торгівлі. Сьогодні запропоновані альтернативи пластиковій упаковці. Доведена можливість використання упаковки з водоростей [23]. В Україні планують виробництво одноразового посуду з тростини, який розкладатиметься всього за півтора місяця. Зараз проходять дослідження в Одеській Національній академії харчових технологій, здійснюється техніко-економічне обґрунтування, після чого проєкт почнуть втілювати в життя. Для реалізації проєкту планують залучити кошти зарубіжних грантів [24]. Запропоновано й інші альтернативні рішення, що дають змогу використати органічну упаковку [25].

Для вирішення проблеми морської пластикової підстилки та мікропластику Індія з Норвегією зобов'язалися працювати разом. Враховуючи невідкладний характер і масштаби проблеми, що створюється морським сміттям і мікропластиками, ці країни визнали, що цю проблему не може вирішити жодна країна самостійно і що для цього знадобляться погоджені дії за допомогою співпраці [26].

Метою статті є проаналізувати правила та проблеми утилізації пластику на судах морського флоту в умовах глобальної екологічної проблеми мікропластику.

Виклад основного матеріалу. Морські перевезення є найбільш ефективним та економічно вигідним способом доставки вантажів, що забез-

печує надійне й недороге транспортування товарів по всьому світу. Судноплавство є міжнародною галуззю, і воно може ефективно функціонувати тільки в тому разі, якщо законодавча база прийнята і впроваджена на міжнародній основі. Міжнародна морська організація (International Maritime Organization (ІМО)) є глобальним органом із встановлення стандартів безпеки та надійності міжнародних екологічних перевезень [27].

У 1973 році ІМО склала та опублікувала Міжнародну конвенцію з відвертання забруднення із суден, відому в усьому світі як МАРПОЛ 73/78, яка постійно доповнюється новими поправками.

Правила відвертання забруднення морського середовища твердими побутовими відходами викладено в Додатку V Конвенції МАРПОЛ 73/78. Згідно з вимогами цього Додатка тверді побутові відходи на судні підлягають сортуванню. З цією метою на палубах суден встановлено п'ять металевих контейнерів, які мають бути надійно закріплені. Частина побутових відходів переробляється. Зокрема, в спеціалізованих пристроях (інсинераторах) спалюються папір, промаслене дрантя, тверді частки стічних вод, жир, який накопичився на камбузі. Утилізація твердих побутових відходів реєструється в спеціальному журналі.

Пластик накопичується в призначеному для цього контейнері з подальшим пресуванням і здачею в портах. Скидання пластику за борт категорично заборонено в будь-якій точці Світового океану. Спалювання пластику дозволяється за наявності відповідного інсинератора, оснащеного вентиляцією і в якому можна підняти температуру до 1500°C. За таких температур пластик не утворює високотоксичний, канцерогенний та біокумулятивний діоксин. У разі, якщо в технічній документації інсинератора не вказано дозволу на спалювання пластику, в портах аналізується попіл на наявність слідів пластику. У разі позитивного результату аналізу караються члени екіпажу, які відповідальні за утилізацію твердих побутових відходів. За належного дотримання вищезазначених правил з утилізації пластику виключено можливість забруднення Світового океану пластиковими відходами. Проте під час дослідження забруднення Світового океану пластиковими відходами виявлено забруднення на великих відстанях від берега. На жаль, пластикові відходи викидаються, зокрема, і з суден також [28].

На нашу думку, в місцях встановлення контейнерів для твердих побутових відходів, необхідно встановити відеоспостереження. Це дасть змогу фіксувати випадки викиду сміття за борт судна.

Як було зазначено вище, багато країн відмовляється від пластикової упаковки. Зокрема, Індія

вимагає відсутності пластикової упаковки під час заходження судна в порт. Оскільки в інших країнах пластикова упаковка та пластикові предмети особистої гігієни не заборонені, то виникає проблема.

Ми впевнені, що в найближчі роки пластикова упаковка та пластикові предмети особистої гігієни будуть заборонені в усьому світі. Проблема пластикових відходів на судні автоматично буде розв'язана. Проте сьогодні ця проблема має місце. Її можна розв'язати за умови повної заборони використання пластику на судні. У магазинах, зосереджених на суднах, можлива організація продажу предметів особистої гігієни та пакувальних виробів, виготовлених із натуральних матеріалів. Під час впровадження таких рішень можливе зменшення забруднення Світового океану пластиковими відходами із суден.

Міжнародна морська організація взяла на себе зобов'язання продовжити вирішення проблеми, пов'язаної з пластиками для морського середовища. Прийнято план дій, спрямований на поліпшення наявних правил і введення нових допоміжних заходів із скорочення кількості морського пластикового сміття із суден [28]. Проте заборону на пластикову упаковку вказаний план не передбачає.

Головні висновки. Виявлено нові властивості пластикових матеріалів, а саме: за тривалого використання або зберігання пластик деградує, піддається деструкції, руйнується та подрібнюється на дрібні частинки різних розмірів, навіть до мікрочастинок. Майже увесь пластик, який був коли-небудь створений, накопичився та існує в тій або іншій формі сьогодні. Мікропластики виявлені в повітрі, ґрунті та відкладеннях, прісних водах, морях, океанах, рослинах, тваринах. Вони походять із пластмасових виробів, текстилю, промисловості, сільського господарства й загальних відходів. Виявлено їхню різноманітність, а також їхнє проникнення в харчові ланцюжки біосфери. В результаті проведених ученими досліджень виявлено мікропластики в організмі різних морських тварин, зокрема в організмі людини. Визначено їхній негативний вплив на морську біоту.

Екологічна проблема мікрочастинок пластику мало вивчена і не вирішена, але їхній негативний вплив доведений. Збір пластикового сміття та відмова від пластикової упаковки дасть змогу пом'якшити глобальний негативний вплив мікропластику на біосферу. Під час заборони використання пластикових предметів особистої гігієни та пластикової упаковки на судні можливе зменшення забруднення Світового океану пластиковими відходами із суден. А у разі відмови від пластикової упаковки, пластикового посуду й пластикових предметів особистої гігієни в усіх країнах світу можливе скорочення забруднення планети пластиковими відходами на 40%.

Література

1. Виды и свойства пластмасс. Определение типа пластика. URL: <https://artmalyar.ru/pokraska/okraska-plastika-first.html> (дата звернення: 23.03.2020).
2. Теблов П.А., Цгоев Т.Ф. Диоксины и их потенциальная опасность в экосистеме «Человек – окружающая среда». URL: [http://old.skngmi-gtu.ru/mountain2010/Napравление2/Section4/ТебловЦгоев.pdf](http://old.skngmi-gtu.ru/mountain2010/Napравlenie2/Section4/ТебловЦгоев.pdf) (дата звернення: 23.03.2020).
3. Henderson L., Green C. Making sense of microplastics? Public understandings of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 152. March 2020, 110908. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110908> (дата звернення: 20.03.2020).
4. Oliveira M., Almeida M. The why and how of micro(nano)plastic research. *TrACends i Trn Analytical Chemistry*. V. 114. May 2019. P. 196–201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.02.023> (дата звернення: 20.03.2020).
5. Fuentes J., Eddy F.B. Drinking in marine, euryhaline and freshwater teleost fish. *Ionic Regulation in Animals: A Tribute to Professor W.T.W. Potts* (eds. Hazon N., Eddy F.B., Flik G.). 1997. P. 135–149. (Springer Berlin Heidelberg). URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-60415-7_9 (дата звернення: 20.03.2020).
6. Roch S., Friedrich C., Brinker A. Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories. *Sci Rep* 10, 3896 (2020). URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60630-1> (дата звернення: 26.03.2020).
7. Setälä O., Fleming-Lehtinen V., Lehtiniemi M. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*. 2014. Vol. 185. P. 77–83. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.013> (дата звернення: 26.03.2020).
8. Santana M.F., Moreira F.T., Turra A. Trophic transference of microplastics under a low exposure scenario: Insights on the likelihood of particle cascading along marine food-webs. *Marine Pollution Bulletin*. 15 August 2017. Vol. 121. Issues 1–2. P. 154–159. URL: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.061> (дата звернення: 28.03.2020).
9. Дубовик О.Л. Новое законодательство Европейского Союза о предотвращении загрязнения окружающей среды отходами, содержащими макро- и микрочастицы пластика. *Международное право и международные организации*. 2019. № 2. С. 16–27. DOI: 10.7256/2454-0633.2019.2.30107. URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=30107 (дата звернення: 20.04.2020).
10. Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nano material. *Official Journal of the European Union*. 20.10.2011. P. 38–40. URL: <http://data.europa.eu/eli/reco/2011/696/oj> (дата звернення: 10.04.2020).
11. Huffer T., Praetorius A., Wagner S., Kammer F., Hofmann T. Microplastic Exposure Assessment in Aquatic Environments: Learning from Similarities and Differences to Engineered Nanoparticles Environmental. *Science and Technology*. 2017. № 51. P. 2499–2507. DOI: 10.1021/acs.est.6b04054.
12. Geyer R., Jambeck J.R., Law K.L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 19 Jul 2017. Vol. 3. № 7. e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.
13. Oliveira M., Almeida M. The why and how of micro(nano)plastic research. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 114. May 2019. P. 196–201. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.02.023> (дата звернення: 20.04.2020).
14. Invisible plastics in water. URL: https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-03/wsu-ipi031320.php (дата звернення: 12.04.2020).
15. Shams M., Alam I., Chowdhury I. Aggregation and stability of nanoscale plastics in aquatic environment. *Water Research*. Vol. 171. 15 March 2020, 115401. URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115401> (дата звернення: 16.04.2020).
16. Scott A. Microplastics are showing up in our food and in our bodies. Is that a problem? *C&EN*. 2019. № 97 (5). P. 28–33. URL: <https://cen.acs.org/articles/97/i5/pervasiveness-microplastics.html> (дата звернення: 16.04.2020).
17. Юный борец с морским мусором не сдаётся. URL: https://www.bbc.com/russian/society/2014/10/141017_dutch_boy_ocean_cleanup (дата звернення: 16.04.2020).
18. У Нідерландах показали пристрій для очищення річок від пластику. URL: <https://www.unian.ua/ecology/10733994-у-нидерландах-показали-пристрий-dlya-ochishchennya-richok-vid-plastiku.html> (дата звернення: 21.04.2020).
19. SEAVAX™ – ROBOTIC VACUUM SHIP. URL: https://www.bluebird-electric.net/oceanography/Ocean_Plastic_International_Rescue/SeaVax_Ocean_Clean_Up_Robot_Drone_Ship_Sea_Vacuum (дата звернення: 21.04.2020).
20. Global Commitment. A circular economy for plastic in which it never becomes waste. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/our-work/activities/new-plastics-economy/global-commitment> (дата звернення: 15.04.2020).
21. Состояние пластика. URL: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_RU.pdf?sequence=11&isAllowed=y (дата звернення: 22.04.2020).
22. Как победить пластик? 4 сценария. URL: https://pikabu.ru/story/kak_pobedit_plastik_4_stsenariya_7228109 (дата звернення: 02.04.2020).
23. Смесь крахмала и масел: ученые ЕС внедряют биорецепты в производство пластика. URL: <https://ru.euronews.com/2019/05/27/1-long-green-investments> (дата звернення: 02.04.2020).
24. Под Одессой запустят производство уникальной одноразовой посуды из камыша. URL: <https://www.048.ua/news/2050725/pod-odessoj-zapustat-proizvodstvo-unikalnoj-odnorazovoj-posudy-iz-kamysa-foto> (дата звернення: 08.04.2020).
25. Phasing out plastic: what is the alternative? URL: <https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/sme-sector/phasing-out-plastic-what-is-the-alternative/articleshow/72236442.cms> (дата звернення: 08.04.2020).
26. India, Norway pledge to address issue of marine plastic litter, microplastics. URL: <https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/india-norway-pledge-to-address-issue-of-marine-plastic-litter-microplastics/articleshow/74170067.cms> (дата звернення: 14.04.2020).
27. Міжнародна морська організація. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 25.03.2020).
28. Addressing marine plastic litter from ships – action plan adopted. URL: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/20-marinelitteractionmescp73.aspx> (дата звернення: 25.03.2020).