

ПЛАСТИКОВЕ ЗАБРУДНЕННЯ – ОДНА З ГОЛОВНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЛЮДСТВА

Наведено данні щодо світового виробництва пластику, головних сфер його використання та проблем, пов'язаних з утворенням пластикових відходів. Розглянуто основні види пластику та особливості впливу пластикових матеріалів на довкілля і здоров'я людини. Проаналізовано способи поводження з відходами в Україні та світі.

Ключові слова: пластик, відходи, забруднення, довкілля, сміттєзвалище, перероблення.

Постановка проблеми

Однією з найбільш актуальних екологічних проблем сьогодення є утворення та накопичення у довкіллі великої кількості відходів, зокрема і пластикових. Історія винаходу пластику бере початок з кінця XIX ст., а масове його виробництво почалося з середини XX ст.

За даними торгової асоціації Plastics Europe [1], світове виробництво пластику становило:

- у 1950 р. – близько 1,7 млн. т на рік;
- у 2010 р. – 303,1 млн. т на рік;
- у 2018 р. – 396 млн. т на рік.

На сьогоднішній день вироблено близько 9 млрд. т первинного пластику. Майже половина від загального обсягу продукту у світі було виготовлено за останні 15 років. У теперішній час 40 % пластика використовується одноразово [2].

З кінця XX ст. пластик привертає все більшу увагу як стійкій забруднювач багатьох екологічних ніш, від гірських вершин до дна Світового океану. За оцінками [3] станом на 2015 р. утворилось близько 6,3 млрд. т пластикових відходів, з яких близько 9 % було перероблено, 12 % спалено, а 79 % накопичено на звалищах або у довкіллі. Якщо подібні тенденції зберуться у сфері виробництва і поводження з відходами, то до 2050 р. близько 12 млрд. т пластику потрапить на сміттєзвалища або у довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У світі пластикове забруднення є частиною глобальної проблеми поводження з усіма видами відходів, насамперед, із твердими побутовими відходами (ТПВ). Згідно світових аналітичних звітів щорічно утворюється 2,01 млрд. т ТПВ [4]. Частка пластикових відходів складає близько 12 % від загального обсягу (рис. 1), і це порівняно невелике значення. Але особливість забруднення довкілля

пластиком полягає в тому, що цей матеріал є зовсім неприродним і може існувати в первинному стані велику кількість часу. За оцінкою National Geographic, середній час розкладання пластику, виробленого за різними технологіями, коливається від 450 років до нескінченності [2].

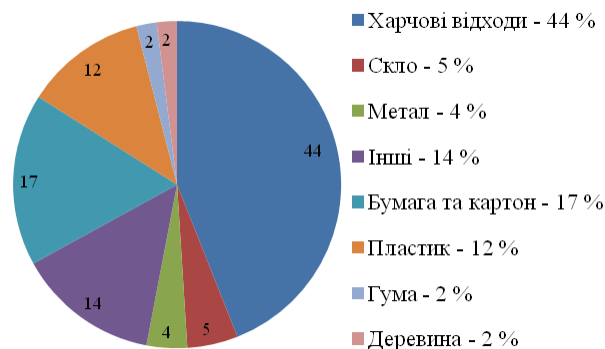


Рис. 1. Структура твердих побутових відходів у світі

Пластикове сміття, що потрапляє на полігони ТПВ, потенційно не несе загрозу довкіллю та здоров'ю людини. Великої шкоди завдає пластик, який потрапляє до стихійних звалищ, або, який сама людина викидає в непередбачених для цього місцях.

Серйозною проблемою для довкілля є пластик, який потрапляє до вод Світового океану. Оскільки океан знаходиться нижче за течією майже будь-якого місця на Землі, він стає приймачем для пластикових відходів, що утворюються на суші.

Пластикове забруднення було вперше помічено в океані у 60-70 р.р. XX ст. вченими, які проводили дослідження планктону. Зараз океани та пляжі привертають найбільшу увагу науковців, які займаються скороченням пластикових відходів.

Встановлено, що завдяки океанським течіям плаваючий пластик накопичується у п'яти

субтропічних круговертях, які покривають 40 % площі Світового океану. До них належать субтропічні круговерті у північній і південній частині Тихого океану, субтропічні круговерті Північної і Південної Атлантики та субтропічний круговерть Індійського океану (рис. 2).

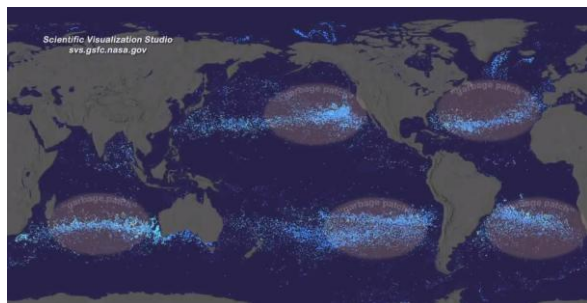


Рис. 2. Формування сміттєвих плям. NASA

Найбільше скупчення пластику та інших відходів спостерігається у північній частині Тихого океану, яке має назву «Велика тихоокеанська сміттєва пляма». Вона була відкрита у 1997 р. Площа сміттєвої плями різними дослідниками оцінюється від 700 тис. до 15 млн. км². Більшість цього сміття – три четверті – рибальські сітки (705 тис. т), пляшки, шматки бамперів, навіть монітори комп'ютерів та LEGO. Інша частина – одна чверть – частинки мікропластику. Близько 54 % сміття надходить з суші Північної Америки та Азії, решта – з нафтових платформ, пасажирських та вантажних суден, які скидають сміття прямо у воду або втрачають його [5].

Перше глобальне дослідження кількості приповерхневого пластикового сміття у Світовому океані було проведено в 2014 р. Об'єднавши данні з усього світу про тверді відходи, густоту населення та економічний стан, група вчених підрахувала, що у 2010 р. у 192 прибережних країнах утворилося 275 млн. т пластикових відходів, а в океан потрапило 4,8-12,7 млн. т.

Велика кількість пластику потрапляє в океан не з Європи та Америки – країн з розвинутою економікою, в яких значна частина відходів переробляється або знищується, а з країн Східної Азії, що швидко розвиваються, мають велику чисельність населення та недосконалу або відсутню систему збору сміття (рис. 3). Науковцями зроблено висновок, що чисельність населення та якість систем поводження з відходами значною мірою визначають, які країни мають найбільшу кількість пластикових відходів, що потрапляють у води Світового океану [6].

У 2017 р. вчені Центру екологічних досліджень імені Гельмгольца в Німеччині виявили, що десять річок – дві в Африці та вісім в Азії – скидають 90 %

світового пластикового сміття в океан. Одна тільки річка Янцзи транспортує 1,5 т відходів на рік [7].

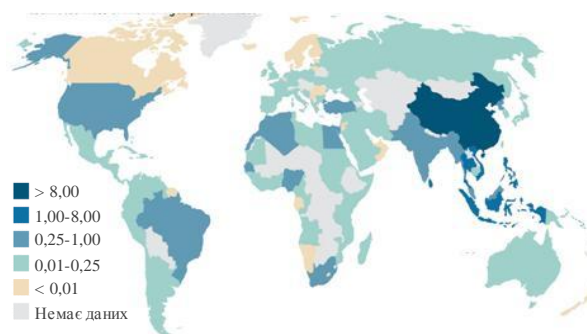


Рис. 3. Кількість пластикових відходів, що потрапляють до вод Світового океану, т/рік

Стан сфери поводження з твердими побутовими відходами в Україні теж критичний. За даними [8] у 2019 р. утворилося майже 53 млн. м³ (або понад 10 млн. т) ТПВ. Із цієї кількості 93,9 % відходів захоронено, 4,1 % перероблено та 2 % спалено. Побутові відходи захороняються на 6000 сміттєзвалищ і полігонах загальною площею майже 9 тис. га.

На сьогодні визначити морфологічний склад ТПВ в Україні достатньо складно, оскільки наведені в джерелах дані часто різняться між собою. Це можна пояснюється тим, що різні міста країни використовують різні способи обліку сміття. У загальній структурі ТПВ пластикові вироби можуть складати 0,6-6 % [9], а за деякою інформацією їх кількість сягає майже 25 % [10].

Із суходолу України у води Чорного моря також потрапляє значна частина побутових відходів. Науковці встановили, що кожну годину річки виносять у море від 6 до 50 елементів сміття, 83 % з яких – пластик. Серед пластикового сміття переважають [11]:

- у водах річок: пластмасові пляшки – 20 %, пластикові контейнери – 14 %, шматочки пластику – 14 %; пластикові пакети – 11 %, пластикова упаковка – 9 %;

- у морській воді: шматочки пластику – 68 %, пластикові контейнери – 9 %, пластикові пакети – 8 %, пластмасові пляшки – 3 %, пінопласт – 3 %.

Порівняльна характеристика щільності сміття, що плаває на поверхні вод Світового океану, наведена в табл. 1 [11]. Чорне море має достатньо високий показник засміченості через обмежений водообмін із відкритим океаном та інтенсивне вивезення сміття найбільшими річками України.

Вчені прогнозують, що без поліпшення системи управління відходами, сукупна кількість пластикових відходів, доступних для виходу із суші в океан, до 2025 р. зросте на порядок [3].

Таблиця 1

Щільність сміття на поверхні вод Світового океану

Води Світового океану	Щільність сміття, кількість одиниць/км ²
Малаккська протока	579
Північна частина Тихого океану	459
Чорне море	90,5
Середземномор'я	52
Північне море	38
Південний океан	6
Південно-Китайське море	5
Британська Колумбія	2

Trucost – підрозділ компанії Standard & Poor's, який займається аналітичними дослідженнями фінансових ринків, підрахував, що загальні соціальні та екологічні витрати від забруднення довкілля пластиком оцінюються у 139 млрд. дол. на рік. Половина цієї суми припадає на кліматичні наслідки через викиди парникових газів при виробництві та транспортуванні пластика. Інша третина пов'язана із витратами на видалення пластикових відходів та впливом супутнього забруднення повітря, води і ґрунту на здоров'я людини. Безпосередні витрати від морського сміття складають 13 млрд. дол. на рік, що має місце через його негативний вплив на рибальство, туризм і біорізноманіття [7].

Незважаючи на всі ці цифри, використання пластикових виробів стає все більш популярним. За оцінками експертів виробництво пластика в найближчі 20 років збільшиться вдвічі.

Формулювання мети статті

Мета статті – дослідження сучасного стану виробництва та використання пластику, а також сфери поводження з пластиковими відходами; визначення перспективних методів вирішення проблеми пластикового забруднення довкілля.

Виклад основного матеріалу

Пластиком, або пластмасами, називають групу матеріалів синтетичного (штучного) або природного походження. Це органічні високомолекулярні сполуки (полімери), що складаються із молекул більш простих речовин (мономерів), сполучених між собою хімічними або координаційними зв'язками. Зараз існує понад 30 видів первинних пластмас, які під час додавання різних домішок перетворюються у тисячі пластикових матеріалів. Від 97 до 99 % пластиків отримують з вичопного палива, а для решти використовують сировину рослинного походження [12]. Саме синтетичні

полімери є лідерами за виробництвом та споживанням і зараз стають однією з головних глобальних проблем людства.

Початковою сировиною для переважної більшості видів пластиків служать вугілля, природний газ і нафта. З них шляхом хімічних реакцій виділяють прості (низькомолекулярні) газоподібні речовини – етилен, бензол, фенол, ацетилен тощо, які потім під час реакцій полімеризації, поліконденсації і поліпрієднання перетворюються у синтетичні полімери. Змінюючи умови процесу синтезу, можна отримати пластики з потрібними властивостями: м'які або тверді, прозорі або непрозорі та інші.

Залежно від природи полімеру, внутрішньої структури і властивостей пластики поділяються на дві великі групи: термопласти та реактопласти (рис. 3) [13].

Відокремлюють також газонаповнені пластики, тобто надлегкі спінені пластичні маси, які одержані на основі різних синтетичних полімерів. До них належать пінопласт, поролон, пінополістирол, пінополіуретан, пінополіетилен.

Деякі етапи виробництва полімерів є складні та надзвичайно небезпечні для довкілля процесу, тому отримання пластиків можливе лише на високому технологічному рівні. При цьому кінцеві продукти – пластики у звичайних умовах абсолютно нейтральні і не мають негативного впливу.

До пластиків природного походження відносять, так звані, біопластики, які на 20 % або більше складаються з відновлювальних біологічних ресурсів, таких як рослинні жири і масла, кукурудзяний крохмаль, солома, щепи, тирса, перероблені харчові відходи тощо. Як правило, перевагами біопластиків є:

- зниження споживання вуглеводнів, які відносяться до невідновлювальних ресурсів;
- менший «вуглецевий слід», тобто обсяг викидів CO₂ в атмосферу менший ніж при виробництві синтетичних пластиків;
- менша токсичність, оскільки біопластики не містять бісфенол А (BPA), який може впливати на організм людини;
- більш швидке розкладання.

Слід зауважити, що біопластики можуть біологічно розкладатися, але можуть біологічно і не розкладатися. Через це часто виникає плутанина в розбіжностях між термінами: біопластики; біодеградуєчі пластики; пластики, які здатні до компостування; оксодергадуєчі пластики [12].

Біопластики – це загальна назва полімерів, виготовлених з відновлюваних біологічних ресурсів, найчастіше рослинних, які або біологічно розкладаються, або ні.

Термопласти (термопластичні пластмаси)
Група пластиків, які при нагріванні розплавляються, а при охолодженні повертаються в початковий стан, зберігаючи свою первісну структуру. Таким чином, термопласти можуть використовуватися неодноразово, для цього їх досить подрібнити і розплавити
Найбільш поширені термопласти: поліетилентерефталат (PET), поліпропілен (PE), поліетилен низької щільності (LDPE), поліетилен високої щільності (HDPE), полістирол (PS), пінополістирол (EPS), полівінілхлорид (PVC), полікарбонат, поліпропілен (PP), полімолочна кислота (PLA), полігідроксиалканоати (PHA)

Реактопласти (термореактивні пластмаси)
Група пластиків, які в початковому стані мають лінійну структуру макромолекул, а при деякій температурі затвердіння набувають сітчасту. Робочі температури вище ніж у термопластів, але при нагріванні руйнуються і при наступному охолодженні не відновлюють своїх вихідних властивостей
Найбільш поширені термопласти: поліуретан (PUR), фенольні смоли, епоксидні смоли, силікон, вініловий ефір, акрилові смоли, уреаформальдегідні смоли (UF)

Рис. 4. Основні види синтетичних пластиків

Біодеградуючі пластики – це матеріали, які здатні розкладатися під дією мікроорганізмів (бактерій, грибів, водоростей, дощових черв'яків тощо), утворюючи воду (H₂O), карбону оксид (IV) (CO₂) та/або метан (CH₄) та побічні продукти (залишкова нова біомаса).

Пластики, які здатні до компостування, – це матеріали, які виготовлені або з рослинної сировини, або з викопного палива, але біологічно розкладаються в середовищі для компостування (аеробне середовище, де підтримуються певні температуру та вологість) з утворенням H₂O, CO₂ та біомаси. BASF® Ecoflex® є гарним прикладом компостувального полімеру, який частково на нафтовій основі, але його можна компостувати на спеціальних підприємствах.

Оксидеградуючі пластики – це звичайні синтетичні полімери, які містять добавку, яка допомагає їм розщеплюватися на фрагменти у вигляді мікропластику.

Узагалі, пластикові матеріали легкі, гігієнічні, стійкі до корозії, кислот і лугів, не пропускають воду, погано проводять електричний струм і тепло. Їх можна формувати різними способами у вигляді листів, плівок та найтонших ниток. Завдяки своїм властивостям пластики стали зручною заміною металу, склу і деревині, спростили людству життя і рушив прогрес уперед. Полімери зробили революцію у різних сферах. З пластика стали робити одноразові шприци, пакети для переливання крові і протези. Пластикові труби – довговічні і практичні. Пластмасові деталі допомагають знизити вагу машин і літаків, а отже, дозволяють економити їх паливо. Герметична і проста у виробництві пластикова упаковка спростила зберігання і транспортування продуктів харчування і води, що критично для зростаючого населення планети.

Головні сфери застосування пластикових матеріалів представлені на рис. 5 [3]:

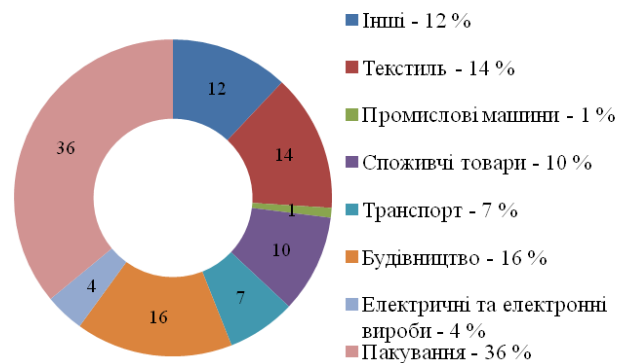


Рис. 5. Сфери застосування пластику за галузями промисловості (2015 р.)

Залежно від сфер застосування пластики мають різні терміни експлуатації. Так близько 36 % спожитих пластикових виробів використовуються менше 1 року – це, передусім, тара і упаковка; 28 % виробів мають термін придатності від 1 до 10 років – посуд, побутова електротехніка, інші споживчі товари; 36 % виробів експлуатуються понад 10 років – будівельні полімерні матеріали, деталі, що використовуються в автомобіле-, судно-, літакобудуванні. У цілому, щорічно із загального об'єму полімерів до 75 % матеріалів потрапляють у відходи [14].

Зараз у світі виробляється близько 40 млн. т продукту на рік. Більше однієї чверті пластику в усьому світі використовується для отримання виробів одноразового призначення – одноразового пластику, після чого він викидається. Як правило, одноразовий пластик застосовується для виготовлення тари, упаковки, столових приборів та посуду. Основними полімерами для отримання

одноразового пластику є LDPE, HDPE, PET, PS, EPS, PP. Найбільша кількість пластику одноразового призначення виробляється в Північно-Східній Азії, далі йдуть Північна Америка, Близький Схід, Європа та інші країни (табл. 2) [13]:

Таблиця 2
Розподіл виробництва одноразового пластику за регіонами (2014 р.)

Виробник	Частка виробництва, %
Північно-Східній Азії	26
Північна Америка	21
Близький Схід	17
Європа	16
Азіатсько-Тихоокеанський регіон	12
Центральна та Північна Америка	4
Країни СНД	3
Африка	1

Задля вирішення проблеми утворення великої кількості твердих побутових відходів країнами світу було розроблено та впроваджено цілу низку законодавчих актів у сфері екологічного права. Найбільших успіхів в цьому досягли країни Європейського союзу, законодавство якого у сфері поводження з відходами формувалось протягом багатьох років. Основними його ознаками є гнучкість та своєчасне реагування на нові посталі проблеми й виклики шляхом внесення відповідних змін у чинні джерела права, а також розроблення й прийняття нових документів. Яскравим прикладом цього є еволюція Рамкової Директиви про відходи, прийнятої у 1975 р. (Директива 75/442/ЄС), її наступної редакції у 2006 р. (Директива 2006/12/ЄС) та останньої редакції у 2008 р. (Директива 2008/98/ЄС), у яких поступово змінювались акценти – від безпечного поводження з відходами до переходу до суспільства ресурсоефективності, рециклінгу, сталого виробництва й споживання.

Аналогічний приклад ілюструє еволюція Директиви про упаковку та відходи упаковки (директиви 1994/62/ЄС, 2004/12/ЄС) з останніми змінами й доповненнями, внесеними в 2015 р. (Директива 2015/720/ЄС) у зв'язку з новим викликом щодо використання поліетиленових одноразових пакетів [15].

Джерела права ЄС визначають кількісні та якісні результати, яких треба досягти кожній країні протягом визначеного періоду часу. Особливістю Директив ЄС є те, що держави повинні адаптувати своє законодавство для досягнення цілей, визначених Директивами, але при цьому самі визначають методи їх досягнення.

Основною метою Директиви 2008/98/ЄС є впровадження системи управління відходами, яка максимально зменшить негативний вплив відходів на здоров'я людини та довкілля й забезпечить збереження природних ресурсів, а також чітко регламентує питання утворення та поводження із відходами. Директива передбачає використання ієрархії управління відходами, яка являє собою перевернуту піраміду та відображає п'ять підходів до поводження з відходами [16]:

1. Видалення (захоронення та спалювання відходів без вироблення енергії).
2. Відновлення (спалювання відходів із виробленням енергії).
3. Перероблення (перетворення відходів у вторинну сировину для повторного використання).
4. Повторне використання (вторинне використання предметів без перероблення).
5. Запобігання (комплекс заходів щодо скорочення обсягів утворення відходів).

Видалення є найменш ефективним способом поводження з відходами, а запобігання – найбільш ефективним.

Між 1950-1980 рр. основною практикою поводження з відходами було їх захоронення на звалищах або відкрите спалювання. Під час горіння пластику в повітря виділяються отруйні гази, такі як діоксини, фурани, ртуть та поліхлоровані біфеніли. Крім того, спалювання останніх призводить до вивільнення небезпечних галогенів, зокрема хлору, наслідком чого є зміна клімату. Таким чином, отруйні речовини, які утворюються при відкритому спалюванні, становлять загрозу здоров'ю людини, рослинам, тваринам та довкілля в цілому [17].

Наприкінці ХХ ст. перероблення відходів або їх спалювання на спеціальних підприємствах (з/без отримання енергії) були введені як методи боротьби з наслідками забруднення природного середовища. У 2015 р. перероблення та спалювання пластикових відходів досягли 19,5 % та 25,5 % відповідно. Проте, майже половина пластику (55 %) було захоронено на сміттєзвалищах (рис. 6) [18]:

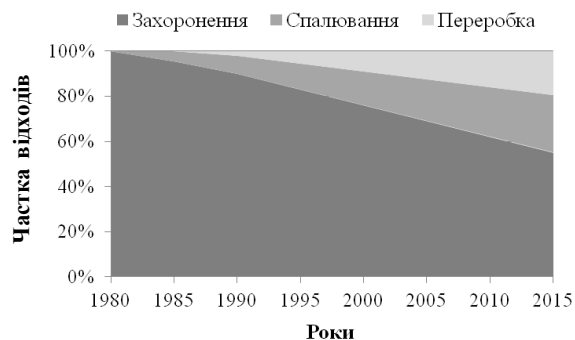


Рис. 6. Способи поводження з пластиковими відходами у світі, 1980-2015 р.р.

Таке поводження з відходами пояснюється тим, що до 2016 р. значна кількість сміття у світі вивозилася до Китаю, де воно потрапляло на переробку або захоронення на полігонах. Більшість основних експортерів сміття – країни з високим рівнем доходу. За період з 1988 по 2016 р. до Китаю було експортовано 168 млн. т відпрацьованого пластику, що у сукупності становило 78 % світового експорту пластмас, економічна вартість яких еквівалентна 65 млрд. дол. США (рис. 7) [18].



Рис. 7. Частка сукупного експорту пластикових відходів у першій десятці експортерів (1988-2016 р.р.)

У 2017 р Китай ввів заборону на імпорт сміття, зокрема і відпрацьованого пластику, частково через рівень його забрудненості. Головні експортери були вимушені вдосконалювати систему поводження з твердими побутовими відходами у своїх країнах.

Найсерйозніших успіхів у сфері керування відходами досягли країни ЄС, де роздільне збирання, вторинне перероблення твердих побутових відходів та їх енергетичне використання сприяє зменшенню кількості розміщуваних на полігонах відходів. Досягається це багато в чому завдяки спеціальним нормативно встановленим на державному рівні вимогам. У США, які є одними із світових «лідерів» за утворенням ТПВ на душу населення (близько 3 кг на добу), навпаки, розміщення твердих побутових відходів на звалищах і полігонах залишається найбільш популярною практикою, що обумовлено економічними міркуваннями. Наявність великих вільних територій дозволяє США поки не застосовувати систему повного рециклінгу, отже роздільне збирання сміття практично не застосовується. У цілому, розвинені країни вибирають шлях ЄС або США. Країни з обмеженими земельними площами дотримуються політики ЄС, а країни з великими вільними площами прагнуть наслідувати приклад США. Розподіл способів поводження з ТПВ у різних країнах наведено на рис. 8 [19].

Захоронення відпрацьованих пластиків відбувається на полігонах твердих побутових відходів. Це спеціальні споруди, які обладнані системою захисту для запобігання негативного впливу продуктів розкладання відходів на довкілля та здоров'я людей протягом всього періоду їх функціонування. Полігони ТПВ експлуатуються відповідно до певних правил і вимог, які регулюються законодавством країни. Таким чином, у звичайних умовах такі об'єкти є цілком безпечними, але з економічної точки зору неефективними, оскільки займають великі території і потребують певних витрат на їх експлуатацію.

Складування сміття на полігонах найбільш притаманне таким країнам, як: Бразилія (100 %), Росія, Мексика (по 95 %), Аргентина, Україна (по 94 %). Практично не використовують полігони ТПВ для утилізації сміття Німеччина (0 %), Швеція і Японія (по 1 %) [19].

Особливістю експлуатації полігонів твердих побутових відходів в Україні є те, що із загальної кількості сміттєзвалищ 30 % – потребують паспортизації, 16 % – не відповідають нормам безпеки, 7,7 % – потребують рекультивациі, а 4,2 % – перевантажені.

Торкаючись проблеми складування сміття, слід відмітити, що поверхня Землі вкрита не тільки полігонами ТПВ, але і несанкціонованими сміттєзвалищами. Найбільш засміченими в цьому сенсі є Китай, Індія, Індонезія та Непал. В Україні кожного року утворюється більше 26 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу 0,75 тис. га [9].

Неналежна системи поводження з твердими побутовими відходами посилює екологічну небезпеку пластикових відходів, обумовлену їх негативним впливом на довкілля та здоров'я людей.

Потрапивши у довкілля пластик біологічно не розкладається, а поступово накопичується у вигляді відходів. Під впливом різних факторів (температури, ультрафіолетового випромінювання, хімічних сполук, контактування з рідинами або іншими предметами, дії морських хвиль тощо) пластикові вироби піддаються деградації, тобто повільно розпадаються на невеликі фрагменти, відомі як мікропластик. По мірі руйнування пластикових частинок збільшується площа ураження ґрунтів та водойм.

Наразі не існує єдиного наукового визначення мікропластику, адже ця категорія охоплює великий спектр матеріалів із різним хімічним складом, формами, кольорами, розмірами й щільністю. Проте на загальному рівні всі частинки пластику, менше 5 мм прийнято називати мікропластиком.

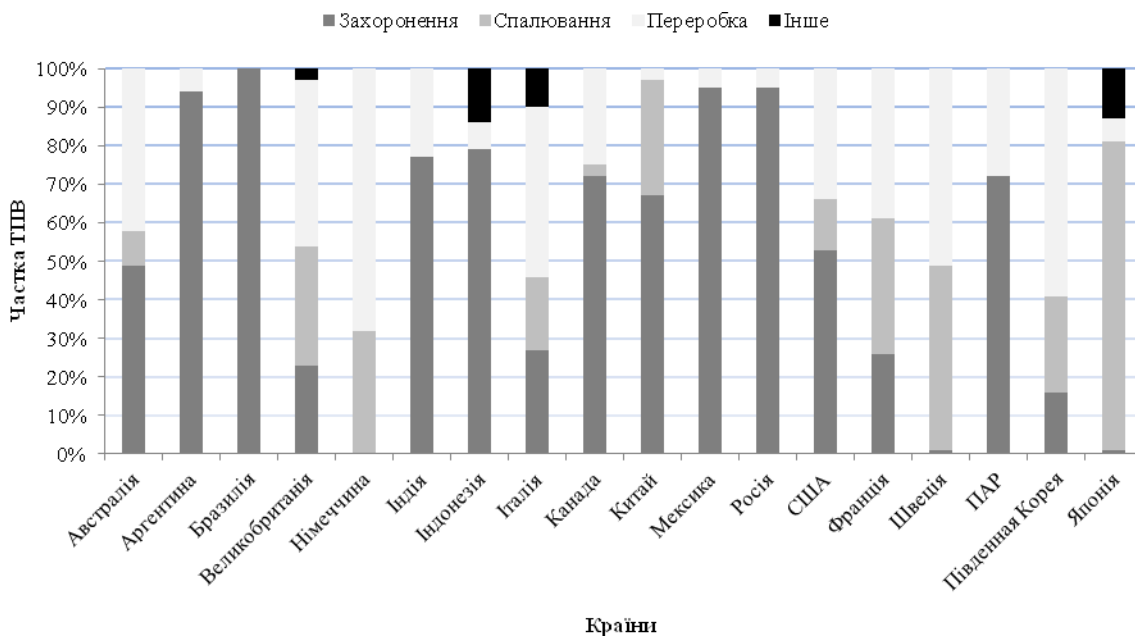


Рис. 7. Способи поводження з відходами в різних країнах

За походженням мікропластик поділяють на первинний і вторинний. Первинний мікропластик у відповідному розмірному діапазоні в кількості від 1 до 90 % додається до косметики, засобів гігієни, побутової хімії: помад, кремів, шампунів, гелів для душу, дезодорантів, спреїв для волосся, засобів для миття посуду, порошоків тощо. Вторинний мікропластик утворюється за рахунок фрагментації під впливом різних чинників. Також до вторинного мікропластику відносять пил від автомобільних шин і волокна від синтетичного одягу, який зроблено з лайкри, мікрофібри, спектра, поліестера, полісатіна, поліаміда, флісу, акрилу, геркулону, текмілону, куралону, ровілу, капрону, лавсану та інших видів тканин [20].

Як тільки пластик з'являється у довкіллі в формі мікропластика, він накопичується в харчових ланцюгах через сільськогосподарські ґрунти, воду, тканини рослин і тварин, потрапляючи наприкінці до організму людини. Механізм негативного впливу пластикових частинок може бути різним:

- по-перше, мікропластик – це невеликий твердий абразив, дія якого схожа зі скрабом, тому контактуючи з м'якими тканинами живих організмів, він може пошкодити їх;

- по-друге, мікропластик – це гарний штучний адсорбент, який вбирає різні токсичні забруднювачі, з якими контактує у ґрунті або воді, наприклад, поліхлоровані біфеніли і пестициди. Під впливом організму ці речовини вилугуюються з частинок і потрапляють в органи, що може викликати реакцію з боку імунної та репродуктивної систем;

- по-третє, мікропластик, який знаходиться у довкіллі, виділяє у повітря та воду токсичні

речовини, що використовуються при його виробництві: фталати, бісфенол А (BPA) і полібромований дифеніловий ефір (PBDE), роблячи їх доступними для прямого або непрямого впливу на живі організми.

Вчені дуже обережно говорять про фактичну небезпеку мікропластика для людини. На теперішній час провести достовірний аналіз дуже складно, тому що відомі не всі джерела забруднення, поки не знайдені методи відстеження найдрібніших частинок. Але є безліч лабораторних досліджень про властивості мікропластика, які дозволяють говорити про його потенційну небезпеку. Так, мікропластик, який потрапляє в організм людини під час проковтування з їжею та водою або вдихання, може призвести до серйозних ускладнень, включаючи різні запалення, генотоксичність, окислювальний стрес, апоптоз і некроз, які є причиною серцево-судинних захворювань, діабету, ревматоїдного артрити, нейродегенеративних захворювань та інсульту, запалень кишківника [21].

Крім того, слід відмітити, що пластикова упаковка, особливо пластикові пакети, є головним відходом на несанкціонованих сміттєзвалищах і пляжах та регулярно з'їдаються численними морськими і наземними тваринами, що призводить до смертельних наслідків [6].

Іншим способом утилізації відпрацьованих пластикових виробів є їх термічне знешкодження шляхом проведення процесів спалювання, газифікації та піролізу. Таким чином можна зменшити обсяг близько 90 % відходів, які не можна запобігти або переробити. Спалювання ТПВ, зокрема пластикових, серед інших термічних

методів зараз має найбільше розповсюдження. Процес спалювання проводять на базі промислових комплексів, оснащених спеціальними котлами або печами для термічного розкладання матеріалів за допомогою кисню. Під час спалювання пластикових відходів відбувається значна рекуперація енергії у вигляді тепла, пари або електроенергії, що може бути використано для побутових, промислових або транспортних потреб. Отримання енергії за рахунок спалювання полімерів стає особливо актуальним з точки зору проблеми вичерпності викопного палива. При цьому немає потреби в сортуванні сміття, необхідно лише подрібнювати відходи до досить великих шматків, щоб забезпечити необхідний для горіння доступ кисню. Хоча полімерні компоненти у відходах за масою становлять лише 7 %, вони дають 30 % енергії. Так, використання у вигляді палива 1 т заздалегідь підготовлених змішаних полімерних відходів зберігає 1,4 т вугілля [14].

Зазначимо, що робота сміттєспалювальних підприємств має значні капітальні та експлуатаційні витрати та вимагає висококваліфікованих спеціалістів для управління технологічним процесом. Це пояснюється високою потенційною екологічною небезпекою таких заводів. Технології термічного знешкодження пластикових відходів призводять до вивільнення значної кількості CO₂, водяної пари, токсичних газів (CO, NO_x, ацетальдегід, ацетону, бензолу, толуолу, ксилолу, бензальдегід, формальдегід, саліцилальдегід, фосгену, діоксинів, фуранів, соляної кислоти, тощо) та утворенню зольного залишку, що містить важкі метали (свинець і ртуть) [12]. Токсини від викидів, летюча зола і шлак можуть забруднювати повітря, а далі переміщуючись на великі відстані, накопичуватися в ґрунті і воді, а згодом потрапляти в організм людини по харчовим ланцюгам

Фахівці стверджують, що найсучасніші сміттєспалювальні заводи є високомеханізованими і автоматизованими підприємства, які оснащені складними приладами контролю забруднення повітря для забезпечення екологічної безпеки викидів [22].

У роботі [14] наведено дані, що небезпека забруднення довкілля супертоксикантами при спалюванні полімерних відходів значною мірою перебільшена і більше відноситься до старих сміттєспалювальних установок. При температурах 1200-1400 °С, характерних для сучасних установок, ці речовини безповоротно розпадаються, а частка, що не розкладалася, поглинається в адсорбуючих фільтрах. Викиди діоксину досягають всього 0,6 мкг на 1 т полімерів. Під час спалювання 1 т кам'яного вугілля виділяється 1-10 мкг діоксину.

Отже, спалювання пластикових відходів на сьогодні залишається одним з основних способів їх

утилізації навіть в економічно розвинених країнах. Так, в Японії спалюється 80 % сміття, у Швеції – 48 %, у Франції – 35 %, в Німеччині – 32 %, у Великобританії – 31 % [19].

Зараз в Україні працює лише один сміттєспалювальний завод «Енергія» (м. Київ), потужності якого дозволяють спалювати лише 20 % ТПВ столиці. Крім того, у м. Люботин Харківської області експлуатується одна установка, а у м. Харкові – дві мобільні сміттєспалювальні установки [9].

Відповідно Європейської ієрархії управління відходами до найбільш ефективних способів поводження з відходами відносять їх повторне використання або перероблення з отриманням корисної продукції [12].

Повторне використання відходів (Reuse) – це використання речей за їх первісним призначенням або для виконання нових, невласних їм раніше, функцій. Ремонт і продовження терміну служби – основа повторного використання. Найяскравіші приклади: оборотна пластикова тара для напоїв, торгівля вживаними речами, відновлення виробів у промислових умовах (remanufacturing) шляхом заміни вузлів і деталей; створення предметів мистецтва і декору з деталей і речей, що відслужили свій термін.

Під переробленням (Recycling) мають на увазі фізичне (механічне) чи хімічне перетворення будь-яких речей у нові матеріали або сировину, готові промислові вироби, в упаковку, конструкції, чи інші товари широкого вжитку. Найпоширеніші приклади: виготовлення полімерних виробів з пластикових відходів, флісового одягу і синтепону з PET-пляшок.

Під час хімічного перероблення пластикові відходи розкладаються на вихідні молекули-мономери, з яких потім знову можна виготовити полімерний продукт з тими ж властивостями. Механічне перероблення – це фізичний процес, який складається з етапів розподілу пластику за видами полімерів, їх очищення, подрібнення і розплаву в гранули (як вторинну сировину) або відразу в кінцеві товари, наприклад в плівку [13].

Ще один варіант вирішення проблеми пластикових відходів – створення пакування, яке біологічно розкладається, і після використання може бути компостовано або механічно перероблено в сировину.

Майже всі види пластику можна переробляти. Однак ступінь їх переробки залежить від технічних, економічних та логістичних факторів.

Структура полімерів не тільки визначає тип застосування пластикових виробів, але також впливає на технологічну можливість перероблення пластмас після закінчення строку їх використання. Деякі полімери виходять з ладу і руйнуються під час

механічного або термічного впливу, а це, в свою чергу, обумовлює їх здатність до перероблення. Крім того, багато пластикових виробів можуть складатися з декількох типів полімерів (відомих як ламіновані пластмаси), що робить їх такими, що важко переробляти.




У 1988 р в США Спілкою пластикової промисловості (Society of the Plastics Industry, SPI) для забезпечення утилізації одноразових предметів було розробило систему маркування для всіх типів пластика. Універсальним знаком можливого вторинного перероблення виробу або пакування є трикутник зі стрілок, кожна з яких означає фазу замкнутого циклу «створення – застосування –

утилізація». Цифри (коди) всередині трикутників означають тип матеріалу, з якого вироблено продукцію. Це знаки екологічного маркування II типу [23]. Коди SPI широко застосовуються для позначення типу пакувального матеріалу. Така практика є обов'язковою в багатьох країнах.

Знак екологічного маркування на пластику показує, чи можна переробити цей виріб, що в ньому потенційно зберігається і як споживач повинен використовувати даний тип полімеру. Виділяють сім типів маркувань для пластикових матеріалів (табл. 3) [12]:

Таблиця 3. Маркування пластику за походженням та призначенням

Код ідентифікації полімеру	Тип пластикового полімеру	Властивості	Сфера використання	Потенціал перероблення
1	2	3	4	5
	PEТ / PETE Поліетилен терфталат	- високі бар'єрні властивості; - стійкість до сонячного світла; - не рекомендується нагрівати вище 60 °С; - при наявності спеціального знаку можна розігрівати в мікрохвильовій печі; - не рекомендується використовувати багаторазово	Пластикові пляшки для розливу прохолодних напоїв, води, соків, рослинного масла тощо	Високий
	PEHD / HDPE Поліетилен високої щільності	- висока міцність і стійкість до хімічного впливу; - допустиме теплове оброблення до 90 °С	Поліетиленові пакети, поліетиленові плівки, контейнери, пляшки для молока, відбілювачів, шампунів, мийних та чистячих засобів, каністр для моторної та інших машинних оливи тощо	Добрий
	PVC / V Полівінілхлорид	- безпечність у використанні в побутових і промислових умовах; - може виділяти шкідливі речовини тільки при цілеспрямованому спалюванні (не нагріванні)	Пакування харчових продуктів та рідин для побутової хімії, матеріал для виготовлення дитячих іграшок, будівельних матеріалів, ізоляторів для електричних кабелів, жорстких труб, вінілових пластинок	Низький
	PELD / LDPE Поліетилен низької щільності	- висока міцність і стійкість до хімічного впливу; - не рекомендується нагрівати і зберігати гарячу їжу; - не допустимо використання в мікрохвильовій печі	Пакети для заморожених продуктів, гнучке пластикове пакування для меду та гірчиці, пластикових пляшок, гнучкі кришки для контейнерів	Добрий

1	2	3	4	5
	PP Поліпропілен	- висока міцність і стійність до хімічного впливу; - можна розігрівати в мікрохвильовій печі; - можна заморозувати	Вироби багаторазового використання для мікрохвильових печей, кухонне приладдя, ємності для йогурту, маргарину, сиропів та кетчупів, одноразовий посуд для розігрівання у мікрохвильових печах, м'які кришки для пляшок	Добрий
	PS Полістирол	- підходить до одноразового використання з холодною їжею; - не рекомендується нагрівати і зберігати гарячу їжу; - не допустимо використання в мікрохвильовій печі	Ячні контейнери, одноразові чашки, тарілки, таці, столові прибори, одноразові контейнери на виніс	Обмежений
	OTHER Інше – продукція, виготовлена з іншого типу пластику або багат шарове пакування	Залежить від полімерів або їх комбінації	Бутлі для напоїв, дитячі молочні пляшки, компакт-диски, стакани «непроливайки», корпуси електричних пристроїв, лінзи, окуляри, автомобільні фари, щити, панелі приладів	Низький

Розроблені у світі технології можуть переробляти більшість типів пластику. Навіть реактопласти можуть бути хімічно перероблені. Обов'язковою умовою ефективності переробки є ретельне сортування сміття за видами. Загальний обсяг переробленого пластику визначатиметься економічною доцільністю цього процесу. Перероблена продукція із пластикових відходів повинна бути конкурентоздатною за ціною та якістю з аналогічною продукцією, виробленою з альтернативних матеріалів. Отже, кінцевий ринок переробленого пластику повинен бути стабільним та життєздатним, щоб покрити витрати на збір та сортування пластикових відходів. Тип пластикових матеріалів, які переробляються в окремій країні, залежить від схем збору відходів та інфраструктури поводження з відходами.

Лідерами у світі за переробленням ТПВ є Німеччина, яка утилізує 68 % сміття, Франція і Південна Корея – по 59 %, Швеція – 51 %, Великобританія – 45 %, Італія – 44 % [19]. Причому, згідно [18] більшість пластмас, які переробляються, проходять цю процедуру лише один-два рази до остаточної їх утилізації, тоді як в роботі [6] підраховали, що на сьогодні лише 10 % – це пластик, який було перероблено не один раз.

На теперішній час в Україні переробляється близько 10-12 % пластику, що складає 180 тис. т з 338 тис. т. існуючих потужностей [24]. Такий низький обсяг перероблення пластикових виробів і недозавантаженість підприємств-переробників пояснюється такими чинниками:

- висока вартість перероблення пластику, порівняно з його захороненням на сміттєзвалищах, що знижує економічні стимули підприємств;
- відсутність культури роздільного збирання сміття серед населення;
- неналежно розвинута інфраструктура збору і перевезення різних видів ТПВ;
- відсутність знаків екологічного маркування на деяких видах пластикової упаковки, що не дозволяє її ідентифікувати;
- неможливість перероблення пластиків, які складаються з декількох полімерів або мають напilenня тощо.

Задля вирішення проблеми утворення та накопичення твердих побутових відходів, зокрема і пластикових, в Україні в 2017 р. було схвалено Національну стратегію управління відходами до 2030 р. Стратегія розроблена на принципах політики ЄС згідно з зобов'язаннями, взятими Україною за Угодою про Асоціацію. Одним із головних

принципів Стратегії є впровадження системи Розширеної відповідальності виробника (РВВ).

Політика РВВ вперше почала застосовуватися на початку 1990-х р.р. серед низки європейських держав, особливо для відходів пакування, і в подальшому поширилася у країнах ЄС та за його межами. З того часу система РВВ сприяла значному збільшенню темпів перероблення відходів, допомогла зекономити державні витрати на управління відходами і сприяла незалеженню сфери управління відходами від економічних коливань і надходжень податків [24]. Згідно з РВВ виробники відповідають за свою продукцію навіть після того як продукція була використана, відслужила свій термін, стала непотрібною споживачеві тощо. Ця відповідальність включає зокрема збір, сортування та підготовку продукції для подальшого перероблення чи відновлення.

Особливо треба відзначити, що Розширена відповідальність виробника стосується також і упаковки товарів. Усі ланки виробництва та збуту упаковки (виробники, імпортери та рітейлери) беруть на себе значну вагу відповідальності за вплив упаковки на довкілля. Йдеться і про «первинний» вплив, пов'язаний з відбором матеріалів для упаковки, її розробкою і виробничими процесами як такими. А також – і про вплив «на виході», який включає використання упаковки та її утилізацію після виконання нею своїх функцій. Так, завдяки РВВ в країнах ЄС у 2016 р. перероблялося від 40 до 80 % відходів упаковки (рис. 8) [24]:

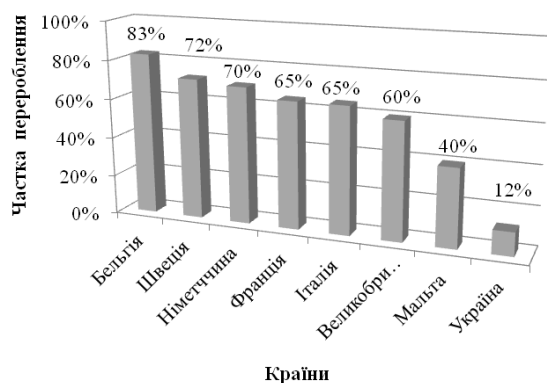


Рис. 8. Частка перероблення відходів упаковки в країнах ЄС

Задля ефективного перероблення твердих побутових відходів, зокрема і відпрацьованого пластику, деякими країнами Європи та світу було введено систему роздільного збирання сміття, законодавчо закріплену ще в кінці ХХ ст. Зараз і Україна намагається впровадити таку систему. Наразі, з 1 січня 2018 р. Україна зобов'язалася сортувати все сміття за видами матеріалів. Основні засади цього викладено у статті 32 Закону України

«Про відходи», до якої був доданий відповідний пункт у 2012 р. [23]. Якість поділу сміття залежить від активності і свідомості всіх учасників (громадян, місцевої влади, виробників продукції) на всіх етапах цього процесу.

Відповідно Стратегії управління відходами до 2030 р. Україною планується [24]:

- переробляти 65 % ТПВ відходів, серед них не менше 70 % упаковки;
- виготовляти пластикову упаковку, яка повністю піддається переробці;
- вивозити на сміттєзвалища не більше 10 % твердих побутових відходів.

Висновки

Комплексне вирішення глобальної проблеми пластикового забруднення довкілля вимагає від країн світу, України в тому числі, впровадження нової політики управління відходами. Основою цього може стати економіка замкненого циклу. Така модель відносин передбачає перетворення лінійного життєвого циклу промислової продукції, товарів, речей у замкнений багаторазовий життєвий цикл. Подібний підхід можливий при широкому застосуванні процесів перероблення та повторного використання продукції, що буде корисним, як для довкілля і здоров'я людини, так і для економіки.

Пріоритетними напрямками реалізації економіки замкненого циклу є:

- сприяння повторному використанню предметів;
- підвищення культури роздільного збирання відходів серед населення;
- припинення вивезення роздільно зібраних відходів на полігони ТПВ;
- розвинення економічних інструментів, завдяки яким зменшується вивіз відходів на звалища;
- спрощення та гармонізація методів розрахунку тарифів на сміття для підвищення конкурентоздатності переробленої продукції;
- стимулювання промислового симбіозу: перетворення побічного продукту однієї галузі у сировину для іншої;
- відмовлення при виготовленні продукції від матеріалів, які не можна переробляти;
- економічне стимулювання еко-дизайну упаковки і схеми відновлення та перероблення предметів вжитку.

Література

1. Plastic pollution. In *Encyclopædia Britannica online*. Retrieved from <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>.
2. All in plastic. *Eastern European Association of the Green*. Retrieved from <https://eea-greens.eu/2019/05/16/all-in-plastic/>. 16.05.2019.

3. Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). Retrieved from <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>.
4. Trends in Solid Waste Management. *The World Bank*. Retrieved from https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html.
5. Great Pacific Garbage Patch. *National Geographic*. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>.
6. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., . . . Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
7. The known unknowns of plastic pollution. *The Economist*. Retrieved from <https://www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution>. 03.03.2018.
8. В Україні запровадять нові прозорі правила управління відходами [Електронний ресурс] / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний портал. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua/news/35623.html>. – 10.07.2020 р.
9. Михайлова, Є. О. Ефективні механізми поводження з твердими побутовими відходами в Україні [Текст] / Є. О. Михайлова, Г. М. Панчева, Г. М. Резніченко // *Комунальне господарство міст*. – 2019. – Том 5, вип. 151. – С. 37-44.
10. Поводження з відходами та проблеми обліку [Електронний ресурс] / ГОВОРИ! – Режим доступу: <https://vilneslovo.com/поводження-з-відходами-та-проблеми-об/>. – 18.12.2017 р.
11. Морське сміття у Чорному морі. (2019). – Режим доступу: <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/08/Морське-сміття-в-Чорному-морі.pdf>.
12. Baseline report on plastic waste. (2020). Retrieved from <file:///C:/Users/USER/Downloads/UNEP-CHW-PWPWG.1-INF-4.English.pdf>.
13. UNEP (2018). Single-use plastics : A Roadmap for Sustainability. Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
14. Денисенко, Т. М. Дослідження сучасних технологій переробки пластикових виробів [Текст] / Т. М. Денисенко // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*. – 2014. – № 1(71). – С. 56-65.
15. Омеляненко, Т., Маковецька, Ю. Напрями вдосконалення екологічної політики у сфері поводження з відходами в Україні на основі відповідного досвіду Європейського Союзу [Текст] / Т. Омеляненко, Ю. Маковецька // *Економіка природокористування і охорони довкілля*. – 2015. – С. 35-43.
16. Directive 2008/98/EC of the European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>.
17. Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., Gowda, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste – A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.
18. FAQs on Plastics. *Our World in Data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/faq-on-plastics#what-are-the-environmental-impacts-of-landfills>. 02.09.2018.
19. Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development*. Washington, DC: World Bank. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.
20. Микропластик: чем он опасен и как уменьшить его количество [Электронный ресурс] / *Recycle*. – Режим доступа: <https://recyclemag.ru/article/mikroplastik-opasen-umenshit-kolichestvo>. – 18.03.2019 г.
21. Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. (2019). *Center for International Environmental Law (CIEL)*. Retrieved from <https://www.ciel.org/plasticandhealth/>.
22. Brunner, P. H., Rechberger, H. (2015). Waste to energy – key element for sustainable waste management. *Waste Management*, 37, 3-12.
23. Михайлова Є. О. Принципи впровадження екологічного маркування продукції [Текст] / Є. О. Михайлова, М. І. Ворожбіян, М. О. Мороз, Г. М. Панчева // *Комунальне господарство міст*. – 2018. – Вип. 144. – С. 43-50.
24. Нова політика управління відходами – основа економіки замкнутого циклу. (Київ, 5-6 червня, 2018 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://conference.chamber.ua/>.

References

1. Plastic pollution. In *Encyclopædia Britannica online*. Retrieved from <https://www.britannica.com/science/plastic-pollution>.
2. All in plastic. *Eastern European Association of the Green*. Retrieved from <https://eea-greens.eu/2019/05/16/all-in-plastic/>. 16.05.2019.
3. Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). Retrieved from <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>.
4. Trends in Solid Waste Management. *The World Bank*. Retrieved from https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html.
5. Great Pacific Garbage Patch. *National Geographic*. Retrieved from <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/great-pacific-garbage-patch/>.
6. Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., . . . Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
7. The known unknowns of plastic pollution. *The Economist*. Retrieved from <https://www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution>. 03.03.2018.
8. New transparent waste management rules will be introduced in Ukraine. *Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Official portal*. Retrieved from: <https://menr.gov.ua/news/35623.html>. 10.07.2020.
9. Mykhailova, E. O., Pancheva, G. M., Reznichenko, G. M. (2019). Effective mechanisms of municipal solid waste

management in Ukraine. *Municipal Economy of the cities*, 5(151), 37-44.

10. Waste management and accounting problems. *SPEAK!* Retrieved from <https://vilneslovo.com/поводження-3-відходами-та-проблеми-об/>. 18.12.2017.

11. *Marine litter in the Black Sea*. (2019). Retrieved from <http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/08/Морське-сміття-в-Чорному-морі.pdf>.

12. Baseline report on plastic waste. (2020). Retrieved from <file:///C:/Users/USER/Downloads/UNEP-CHW-PWPWG.1-1NF-4.English.pdf>.

13. UNEP (2018). Single-use plastics : A Roadmap for Sustainability. Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_sustainability.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

14. Denisenko, T. M. (2014). Research of modern technologies of processing of plastic products. *Visnyk of Chernihiv State Technological University*, 1 (71), 56-65.

15. Omelyanenko, T., Makovetskaya, Yu. (2015). Directions for improving environmental policy in the field of waste management in Ukraine on the basis of the relevant experience of the European Union. *Economics of nature and environmental protection*, 35-43.

16. Directive 2008/98/EC of the European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>.

17. Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., Gowda, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste – A Review. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 701-708.

18. FAQs on Plastics. *Our World in Data*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/faq-on-plastics#what-are-the-environmental-impacts-of-landfills>. 02.09.2018.

19. Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste*

Management to 2050. Urban Development. Washington, DC: World Bank. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.

20. Microplastic: how dangerous it is and how to reduce its amount. *Recycle*. Retrieved from <https://recyclemag.ru/article/mikroplastik-opasen-umenshit-kolichestvo>. 18.03.2019.

21. Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. (2019). *Center for International Environmental Law (CIEL)*. Retrieved from <https://www.ciel.org/plasticandhealth/>.

22. Brunner, P. H., Rechberger, H. (2015). Waste to energy – key element for sustainable waste management. *Waste Management*, 37, 3-12.

23. Mykhailova, E. O., Vorozhbiian, M. I., Moroz, M. O., Pancheva, G. M. (2018). Principles of environmental labelling of production. *Municipal Economy of the cities*, 144, 43-50.

24. *New waste management policy is the basis of a closed-loop economy* (Kyiv, June 5-6, 2018). Retrieved from <http://conference.chamber.ua/>.

Рецензент: д-р техн. наук проф. С.М. Логвінков, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна

Автор: МИХАЙЛОВА Євгенія Олександрівна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
Харківський національний економічний університет імені
Семена Кузнеця
E-mail – mykhailova.e@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0182-0823>

PLASTIC POLLUTION IS ONE OF THE MAIN ENVIRONMENTAL PROBLEM OF HUMANITY

E. Mykhailova

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Ukraine

The article is devoted to the global environmental problem of plastic waste pollution. Now, about 9 billion tons of primary plastic have been produced. Of this amount, 6.3 billion tons is plastic waste, of which 9 % was recycled, 12 % incinerated, and 79 % accumulated in landfills or in the environment. The main feature of plastic materials is their stability. Once in the environment as waste, plastic can be in its original state for more than 450 years.

The purpose of the article is to study the current state of production and use of plastics, as well as the field of plastic waste management; identification of perspective methods for solving the problem of plastic pollution.

Plastics are organic macromolecular compounds that have high quality characteristics. Due to this, they became widespread. There are different types of plastics: thermoplastics, thermosets, foams and bioplastics. Currently, 40% of plastic is used once, after which it is discarded. Under the influence of various factors in the environment plastic slowly breaks down into small fragments, known as microplastics. Microplastic particles get into the soil, water, and through food chains can enter the human body. Potentially microplastics can negatively affect the human body.

To solve the problem of accumulation of plastic waste in the environment, many countries around the world, including Ukraine, are implementing a waste management system based on the European waste management hierarchy. The hierarchy reflects five approaches to waste management: Removal (waste disposal and incineration without energy production), Recovery (waste incineration with energy production), Recycling (waste conversion into secondary raw materials for reuse), Reuse (waste reuse without recycling) and Prevention (waste amount minimization). Disposal is the least efficient way of waste management, and recycling and prevention are the most effective ways.

Keywords: plastic, waste, pollution, environment, landfill, recycling.