

# **Переробка відходів пластику як джерело сировини для виготовлення виробів шляхом 3-D друку**

*О.С. Назарова, Запоріжжя, Україна*

*М.Е. Кулинич, Запоріжжя, Україна*

Запобігання утворення відходів, підготовка до повторного використання відходів — це дві найперші та найбажаніші дії в управлінні відходами, які закріплені на рівні Директиви Європейського Союзу (ЄС) про відходи. На сьогодні економічна система в багатьох країнах працює за принципом: «взьми—зроби—викинь», тобто є лінійною, і не відображає катастрофічної ситуації із утворенням відходів, їхнім неналежним переробленням, утилізацією та забрудненням довкілля [1].

Широке розповсюдження пластикових виробів призвело до виникнення серйозної екологічної проблеми, пов'язаної з їх знешкодженням після закінчення терміну експлуатації. Щороку в усьому світі виробляється понад 420 млн. т синтетичних полімерів. Більше однієї чверті цієї кількості використовується для виготовлення виробів одноразового призначення, після чого вони викидаються [2]. Перспективним з екологічної та економічної точок зору способом поводження з пластиковими відходами може бути їх перероблення, тобто перетворення відпрацьованих полімерів у вторинну сировину, енергію або продукцію з певними споживчими властивостями. Такий підхід має певні переваги: зниження ступеня забрудненості довкілля через зменшення обсягів утворення полімерних відходів та викидів карбон (IV) оксиду, який утворюється під час виробництва первинного пластику; ресурсозбереження, а саме скорочення використання вуглеводнів, води та електроенергії, що використовуються для отримання пластикових матеріалів; отримання додаткової продукції, тепла та енергії для інших галузей промисловості [2].

Отже, актуальність проблеми переробки відпрацьованих синтетичних полімерів в Україні та світі спонукає проведенню наукових досліджень в цій галузі.

Циркулярна економіка або економіка замкнутого циклу — це загальноприйнятий термін для інноваційної економіки, яка передбачує скорочення відходів шляхом їх мінімізації або повторного повернення у виробництво [3]. Показники переробки пластику значно відрізняються в різних країнах. За даними ОЕСР найвищі показники переробки пластику в Європейському Союзі, що в середньому становлять 30 %, рівень переробки в інших країнах з високим рівнем доходу, таких як США, Японія, Австралія зазвичай становить близько 10 % [4].

В Україні ефективність рециклінгу полімерних матеріалів тісно пов'язана з вирішенням проблем організаційно-правового, технологічного та еколого-економічного характеру. Звичайно, найкращим методом утилізації є переробка

його на інші корисні вироби. Для цього в Україні вже впроваджується роздільний збір сміття, проводиться популяризація різноманітних екорухів. Наприклад, восьмирічний волинянин став блогером для того, щоб навчати інших, як правильно компостувати відходи. За ініціативи Міжнародного молодіжного руху "School Recycling World" школярі з усієї України за місяць пошили 47 тисяч екторбинок у рамках проєкту "Мішечок". Участь у цьому взяли 21 873 учнів з 313 навчальних закладів в усіх областях. Крім цього, в Україні запустили національну мапу пунктів прийому вторинної сировини. Мапа має широку мережу позначок: спеціалізовані пункти, баки для сортування, станції. Кожна з них містить актуальні дані про години роботи, адресу та контакти [5]. Активно розробляються навчальні матеріали, що розкривають теоретичні та методичні засади сучасних підходів до формування в учнів екологічної грамотності – однієї з ключових компетентностей Нової української школи – шляхом виховання у них культури сортування побутових відходів [6, 7]. Крім цього, основи раціонального використання ресурсів розглядаються на уроках та позакласних заняттях, які ґрунтуються на STEAM-підходах. Тут учні вчаться знаходити ефективні рішення найрізноманітніших проблем на перетині різних наук, використовуючи інженерні підходи, піклуючись про екологію [8-10].

Розглянемо найбільш поширені види пластикових відходів [11]: упаковка продуктів громадського харчування; одноразова тара; пластикова сантехніка; корпуси електроніки і побутової техніки; канцелярські принади. Величезна частина пластикових відходів має промислове походження. На підприємствах громадського харчування накопичується велика кількість упаковки продуктів, пластикового посуду. На виробничих підприємствах - корпуси обладнання, витратні матеріали, тара. У лікарнях - крапельниці, бахіли, ємності для аналізів, медичні прилади з пластиковим корпусом. В офісах - меблі, жалюзі, неробоча оргтехніка, канцелярське приладдя.

Незважаючи на повсюдне застосування пластикових виробів, найбільшу кількість відходів припадає на упаковку, одноразовий посуд, ПЕТ-пляшки.

Одним із способів переробки цих матеріалів є виготовлення пластикової стрічки з пляшок. Виділяють кілька позитивних якостей прозорої стрічки у домашньому господарстві. До них відносять: не руйнується під впливом сонячного світла; тривалий термін експлуатації; протистоїть впливу низької температури; здатна витримати до 80 кг; низька вартість матеріалу; відсутність запаху; декоративність. Пластикова стрічка із пластмасових пляшок застосовується в присадибному господарстві. Завдяки ній можна зміцнити дерев'яний паркан або підв'язати ягідні чагарники. Така мотузка здатна витримати до 50 кг. Це від її товщини довжини. В основному її застосовують як фіксатор [12].

Виділяють два способи нарізування пластикових пляшок: ручний та верстатний, які можна використати для подальшої переробки цієї стрічки у пластикову нитку для 3-D друку. Ідея поліформера порівняно проста.

Використовуються ножиці, щоб відрізати дно пляшки. Вставте пляшку в поліформер. Пристрій нарізає пляшку на смужки. Екструдер нагріває смужки та виштовхує пластикову нитку. Від використаної пляшки до готової для використання нитки. [13].

Компанія JRT3D зі штату Айдахо (США) розробила механізм PetBot, що автоматизує процес переробки пластикових ПЕТ-пляшок в стрічку, а потім і в нитку для 3D друку. При цьому система має певні обмеження. Машина не повністю автоматизує процес різання, а це означає, що хтось повинен розрізати пляшку і ставити нову, коли попередня пляшка закінчилася. Попри недосконалість, проєкт є цікавим, зважаючи на зростаючу потребу в нових ідеях щодо переробки пластику [14].

Україна зробила перший крок у боротьбі з надмірним використанням пластику шляхом прийняття Закону «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України» від 1 червня 2021 р. (далі – Закон про пластикові пакети), який спрямований на зменшення обсягу використання пластикових пакетів, обмеження їх розповсюдження на території України, а також стимулювання розвитку виробництва біорозкладних пластикових пакетів [15].

PET є деякою проблемою для 3D-друку, особливо з урахуванням того, наскільки він волокнистий і наскільки складно налаштувати параметри температури. Але як тільки це буде з'ясовано, виробничий простір може мати практично нескінченний (і безкоштовний) запас цього надійного матеріалу для 3D-друку [13].

### Список використаних джерел

1. Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. Кращі європейські практики управління відходами : посібник. Львів : Компанія «Манускрипт», 2019. 64 с.
2. Михайлова Є. О., Дейнека Д. М., Панчева Г. М. Аналіз методів перероблення пластикових відходів. *Вісник НТУ «ХПИ»*, 2021. № 1 (7). С.80-89. doi:10.20998/2413-4295.2021.01.12
3. Волошина І.В. Переробка сміття, що містить пластик (огляд). *Теплофізика та теплоенергетика*, 2019. Т. 41. №3. С. 90-98. <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2019.13>
4. Захарчук Д. В., Хаджинов І. В. Шляхи використання пластику в циркулярній економіці. *Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса*, 2021. Том 2. № 13. С. 217-222.
5. Паливо, риби та всеїдні комахи. Як люди та природа рятують планету від пластику. – Режим доступу: <https://suspihne.media/139922-palivo-ribi-ta-vseidni-komahi-ak-ludi-ta-priroda-ratuut-planetu-vid-plastiku/> (дата звернення 03.05.2023)
6. Впровадження zero waste принципів у шкільні уроки ЗЗСО. – Режим доступу: [https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2022/08/%D0%92%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%94%D0%96%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%AF\\_%D0%95%D0%9B.pdf](https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2022/08/%D0%92%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%94%D0%96%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%AF_%D0%95%D0%9B.pdf) (дата звернення 03.05.2023)
7. Бабука Г.Й., Кречко О. В. Виховання в учнів культури сортування побутових відходів. Методичний посібник. Ужгород, 2021. 124 с.
8. Nazarova O., Osadchyy V., Shulzhenko S., Olieinikov M. Software and Hardware Complex for The Study of Electropneumatic Mechatronic Systems. *2022 IEEE 4th International Conference on*

*Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2022. P. 1-6, doi: 10.1109/MEES58014.2022.10005698.

9. Osadchyy, V., Nazarova, O., Hutsol, T., Glowacki, S., Mudryk, K., Bry's, A., Rud, A., Tulej, W., Sojak, M. Adjustable Vibration Exciter Based on Unbalanced Motors. *Sensors*, 2023. Vol. 23. 2170. <https://doi.org/10.3390/s23042170>

10. Назарова О.С. Впровадження STEAM-освіти як запорука ефективності українських стартапів. *STEAM-освіта: від теорії до практики : матеріали круглого столу* (Київ, 24 березня 2023 року). Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2023. С. 200-207.

11. Переробка та утилізація пластику. – Режим доступу: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/uk/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-plastika/> (дата звернення 03.05.2023)

12. Пластикова ера: за 13 років людство виробило більше пластику, ніж за 52 попередні роки. – Режим доступу: <https://ru.slovoidilo.ua/2017/08/26/infografika/obshhestvo/plastikovaya-era-13-let-chelovechestvo-vyrabotalo-bolshe-plastika-chem-52-predydushhix-goda> (дата звернення 03.05.2023)

13. Філамент з переробленого матеріалу – майбутнє 3D-друку. – Режим доступу: <https://monofilament.com.ua/ua/blog-novini-3d-druku-ta-additivnih-tehnologij/-filament-z-pereroblenogo-materialu-majbutnje-3d-druku> (дата звернення 03.05.2023)

14. У США винайшли робота для переробки пластикових пляшок в нитки для 3D друку. – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-ssha-vinajshli-robotu-dlya-pererobki-plastikovih-plyashok-v-nitki-dlya-3d-druku-video/> (дата звернення 03.05.2023)

15. Липницька Є.О., Довгань Б.В. Державна політика у сфері використання пластику в Україні: правовий аспект. *Юридичний науковий електронний журнал*, 2021. № 10. С. 300-303. DOI <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2021-10/76>

### **Авторська довідка**

Назарова Олена Сергіївна, доцент кафедри електропривода та автоматизації промислових установок, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, канд. техн. наук, доцент, +380661619080, [nazarova16@gmail.com](mailto:nazarova16@gmail.com)

Кулинич Марко Едуардович, студент групи Е-311сп кафедри електропривода та автоматизації промислових установок, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, +380730504478, [kylinish5000@gmail.com](mailto:kylinish5000@gmail.com)