

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.11.420-434

УДК: 504.052

д.т.н., професор **Линник І.Е.**,
linnik.xnugx@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8972-3250,**Сабаєва П.І.**,
palya.sab@gmail.com, ORCID: 0009-0008-4558-0746,Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова

ПОВОДЖЕННЯ З ЕЛЕКТРОННИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Проаналізовано накопичення електронних відходів у світі та в Україні, основні документи, що регулюють питання поводження з електронними відходами у Європейському Союзі та в Україні. Проаналізовано методи збирання, утилізації, переробки та знешкодження електронних відходів. Виявлено, що в Україні відсутня система, яка б на державному рівні забезпечувала приймання електронного обладнання від населення та підприємств. Надано основні пропозиції щодо вирішення проблеми електронних відходів в Україні.

Ключові слова: електронні відходи; накопичення відходів; переробка та утилізація електронних відходів.

Постановка проблеми. Проблема відходів електронного та електричного обладнання і відпрацьованих елементів живлення останнім часом є однією з головних екологічних проблем у всьому світі та вимагає швидкого й ефективного вирішення. Накопичення відходів на всіх етапах виробництва і переробки ресурсів тісно пов'язане з життєдіяльністю людини.

Широке використання електричного та електронного обладнання не лише значно підвищує якість життя людей, але й призводить до негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я населення. Це пов'язано з неефективним поводженням із електронними відходами [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) присвячено багато публікацій в Україні та світі. У роботах В.І. Хомякова, Н.М. Коробченко, Л.Ю. Главацької, В.А. Іщенко, Л.Г. Філатова, С.В. Сидоренко, С.О. Кідалова, Bruna Alves, О.М. Шуміло, Г.П. Виговської, О. М. Цигульової, S. Salhofer, M. Tesar, E. Dimitrakakis, A. Janz, B. Bilitewski, E. Gidaracos та багатьох інших вчених [2–18] досліджується кількісний та якісний склад електронних та електричних відходів [5, 8, 13, 15, 17, 18], визначено їхню класифікацію [11] та

вплив на навколишнє середовище [3, 4, 6, 14, 16]. проаналізовані методи управління електронними відходами [2, 6, 9, 10, 12, 16, 17]. Не зважаючи на кількість публікацій, проблема з електронними відходами в Україні та світі є невирішеною.

Мета статті. Проаналізувати поводження з електронними відходами в Україні та світі, й надати пропозиції щодо вирішення проблеми збирання та утилізації електронних відходів в Україні.

Накопичення електронних відходів в Україні та світі. Наразі у всьому світі стрімко зростають темпи продажу електронної техніки і, як наслідок, накопичення електронних відходів. Станом на 2022 рік у світі їх було утворено 65 млн т. За прогнозами на 2030 рік ця цифра може збільшитись до 82 млн т [19]. Таке зростання пов'язане із швидкою зміною технологій. Компанії-виробники створюють свої товари з обмеженим терміном придатності, та ремонти, зазвичай, не передбачають. Країни, де утворюється найбільша кількість електронних відходів за даними Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), наведено на рисунках 1, 2 [20–22].

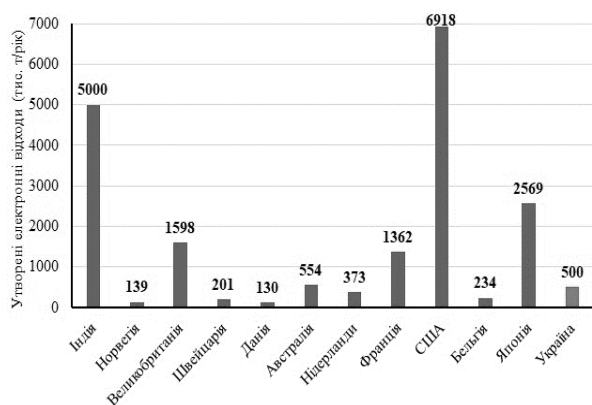


Рис. 1. Утворення електронних відходів у деяких країнах на рік

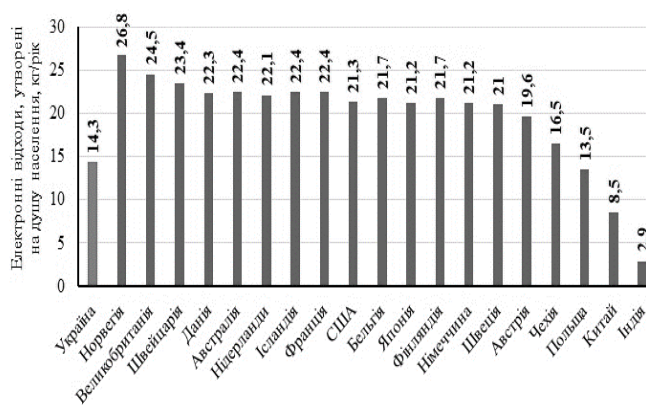


Рис. 2. Утворення електронних відходів на душу населення на рік

На українському ринку працює близько трьох тисяч підприємств, де виготовляють побутову техніку (холодильники, морозильні камери, пральні машини та ін.), офісну техніку та обладнання, медичну техніку, гальванічні елементи тощо. Певна частина виготовлених товарів в Україні експортується.

Наразі точні статистичні дані щодо обсягів утворення, знешкодження та утилізації відходів електричного та електронного обладнання в Україні відсутні. За наближеними даними в Україні кожного року утворюється 500 тис. т електронних відходів, та 14,3 кг на душу населення.

Характер впливу електронних відходів на людину і довкілля залежить від складових елементів відпрацьованого обладнання. Основними компонентами ВЕЕО є метал (42 %), полімерні матеріали (26 %) та скло (18 %) [9]. Серед

небезпечних елементів ВЕЕО містять свинець, кадмій, ртуть, що забруднюють воду, ґрунт, негативно впливають на навколишнє середовище та здоров'я людини. Крім того, в електронних відходах є дорогоцінні (золото, срібло, платина) та рідкоземельні метали, які потрібно вилучати із відходів та використовувати повторно.

Методи знешкодження електронних відходів. У світі застосовують такі методи знешкодження ВЕЕО:

1) захоронення на полігонах. Цей метод вважається не найкращим, оскільки 70 % важких металів потрапляють у довкілля;

2) спалювання відходів. За цього методу полімери та інші шкідливі речовини, які входять до складу електронних відходів, потрапляють в навколишнє середовище, що становить потенційний ризик для здоров'я людини;

3) утилізація з вилученням цінних складових елементів. Збір, сортування та подальша переробка відпрацьованої електроніки для отримання цінної сировини та готової продукції є економічно ефективним рішенням, що допомагає вирішити екологічні проблеми, обмежити забруднення довкілля та зберегти здоров'я населення.

Для того, щоб оцінити безпечність обраного методу знешкодження ВЕЕО, слід враховувати хімічні, біологічні та фізико-хімічні фактори, що супроводжують використання кожної технології. Це має бути відображено в регуляторних та законодавчих актах щодо поводження з відходами електронного обладнання [1].

Світова практика поводження з електронними відходами. Станом на 2023 р. у 81 країні існує законодавча база про електронні відходи. Основним документом, що регулює питання поводження з електронними відходами у Європейському Союзі, є Рамкова Директива 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради ЄС від 19 листопада 2008 року [23]. Директивою запроваджуються заходи щодо зниження або усунення негативного впливу відходів (в тому числі й електронних) задля захисту навколишнього середовища та здоров'я людини.

Європейська Комісія запровадила Закон «Про критичну сировину», який спрямований на покращення стійкості та кругообігу матеріалів на товарному ринку, що має стратегічне значення для майбутнього зростання відновлюваної енергетики та технологічного сектора в Європі [24].

Основними пріоритетами управління електронними відходами є:

1) попередження виникнення відходів, впровадження маловідходних технологічних процесів, використання менш небезпечних речовин, відновлення та переробка відходів;

2) повторне використання ВЕЕО, коли продукти або компоненти, що не є відходами, повторно використовуються з тією ж метою, для якої вони були призначені;

3) переробка;

4) інші варіанти утилізації (наприклад, енергетичне відновлення);

5) безпечне розташування або захоронення (у випадку, якщо немає іншого варіанту).

У розвинених країнах забороняється викидати ВЕЕО на смітники разом із побутовими відходами та висуваються вимоги до спеціальної переробки відпрацьованої електроніки. Це потребує значних матеріальних і трудових витрат, через що електронне сміття вивозять із США та Європи до країн третього світу – Мексики, Бразилії, Індії, Китаю, України та інших, не зважаючи що це заборонено.

Організації зі збору електронних відходів на державному рівні існують лише в Бельгії, а на муніципальному – у Швеції та Нідерландах, в інших країнах ЄС за вилучення й утилізацію відпрацьованої електроніки відповідають муніципалітети та постачальники [4]. На рисунку 3 наведено дані про кількість зібраних та перероблених відходів на душу населення в деяких країнах світу [22]. У середньому у світі переробляють близько 17 % електронних відходів.

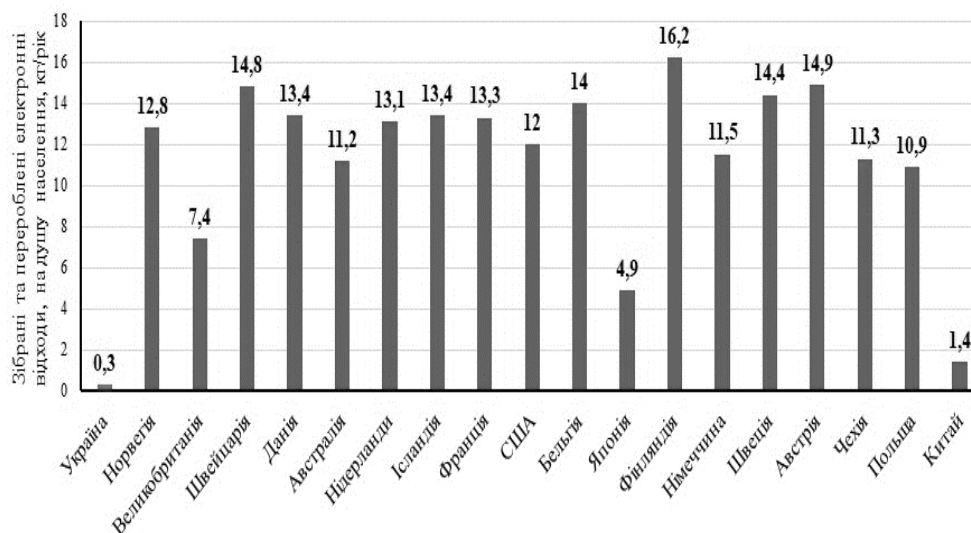


Рис. 3. Зібрані та перероблені відходи на душу населення в деяких країнах світу за рік

Найсучаснішим заводом з переробки батарейок та акумуляторів вважається «AkkuSer Ltd» (м. Нівара, Фінляндія). Завдяки сучасним технологіям переробки з відходів вилучається понад 90 % цінних компонентів, які використовуються у виробництві нової продукції. Ще один прикладом підприємства з переробки батарейок є завод «Nadin Group Jsc» (м. Нові-Іськир, Болгарія). На заводі збирають, відновлюють та перепродають всі види матеріалів, що придатні для повторного використання [1].

Організація «Amsa» (м. Мілан, Італія) здійснює збирання відходів. Потім вилучені відпрацьовані електронні відходи направляються на підприємства, які здійснюють переробку та вилучають з них цінні компоненти.

У Польщі законодавством передбачається обов'язкова передача відпрацьованої електроніки спеціалізованим підприємствам, які отримують від компаній-виробників кошти на утилізацію непридатної продукції. Польська компанія «MB Recycling» займається переробкою електронних відходів. На підприємстві «Cartridge Control» (м. Кельце, Польща) здійснюється відновлення чи ремонт відпрацьованих та зіпсованих картриджів.

У США працюють тільки три заводи з переробки електронних відходів, потужність найбільшого з яких складає лише 70 тис. т. Викидати відпрацьоване електричне та електронне обладнання користувачам забороняється. Деякі виробники приймають на переробку електронні відходи за умови отримання дотацій від держави [4].

Утилізація та безпечне поводження з відходами електричного та електронного обладнання передбачені нормативними актами в Норвегії, як і в ЄС загалом. У середньому в Норвегії переробляють 80,5 % відпрацьованої електроніки. Збір електронних відходів організований на муніципальному рівні [16].

У Німеччині переробляються близько 40 % ВЕЕО. Компанії-виробники зобов'язані вилучати використані пристрої у споживачів. Кожному споживачеві надається можливість повернути старий пристрій, якщо він купує новий. Муніципалітети пропонують можливість утилізації відходів безпосередньо на сміттєзвалищах [25].

Поводження з електронними відходами в Україні. В Україні поводження з відходами, в тому числі ВЕЕО, регулюється низкою нормативно-правових актів. Кабінетом Міністрів України затверджено Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року [26], в якому розроблено впровадження системи збирання та переробки відпрацьованого електричного й електронного обладнання. У законі «Про відходи» [27] зазначено правові, економічні й організаційні принципи діяльності, спрямованої на запобігання і зменшення обсягів утворення відходів (в тому числі електронних), їхнє збирання, транспортування, сортування, зберігання, переробку та утилізацію. Збирання, пакування, зберігання, обробка і нагляд за відпрацьованими акумуляторами нормується нормативно-технічною документацією і локальними нормативними актами. Використані акумулятори, відпрацьоване ЕЕО й інші небезпечні відходи потрібно збирати у спеціально відведених і обладнаних місцях з метою подальшої утилізації згідно з чинним законодавством [1].

Збирання електронних відходів організовано в деяких містах України (рис. 4). Знайти пункти прийому також можна, скориставшись інтерактивною Національною мапою пункту прийому сировини [28].



Рис. 4. Інтерактивна мапа пунктів прийому електронних відходів (цифри у колах показують кількість наявних пунктів)

Наразі в Україні діє еко-проект «Утилізуй сьогодні для чистого завтра». У супермаркетах мережі «АТБ», «Сільпо», «Епіцентр», «JYSK», «Novus», «Comfy» та «WOG» встановлено контейнери для збирання відпрацьованих батарейок, звідки їх відправляють на зберігання до складів компанії «PROMO SERVICE», і далі – на утилізацію. Пункти прийому батарейок показано на мапі (рис. 5, 6) [29].

Збирання ртутьвмісних відходів (ртутних ламп, термометрів), електронних сигарет на сьогоднішній день в Україні не розвинене. В деяких містах та населених пунктах ця інфраструктура взагалі не розвинена. Поки що ці відходи приймають комунальне підприємство «Київкомунсервіс» у Києві, підприємство «Комунальні Екобуси» у Львові, Полтаві, Хмельницькому [30] та Харкові. У Харкові з 2021 р. розпочали встановлювати спеціальні стаціонарні контейнери для збирання небезпечних відходів – батарейок, ртутьвмісних відходів тощо [31]. Розміщення спеціальних контейнерів показано на рисунку 7.

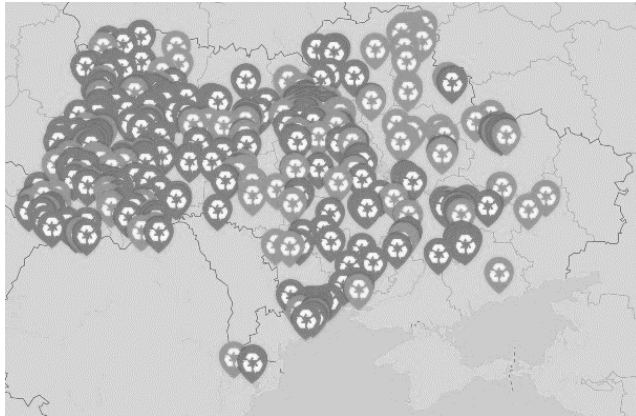


Рис. 5. Пункти прийому батарейок в Україні [29]



Рис. 6. Пункти прийому батарейок у м. Харкові [29]



Рис. 7. Пункти встановлення спеціальних контейнерів для збирання небезпечних відходів у м. Харкові:

1 – вул. Благовіщенська, 34; 2 – вул. Георгія Тарасенка, 42 (ЦНАП); 3 – вул. Академіка Павлова, 44-Б (ТЦ «Французький бульвар»); 4 – пр. Архітектора Альошина, 11 (ЦНАП); 5 – пр. Петра Григоренка, 17 (ЦНАП); 6 – пр. Тракторобудівників, 144 (ЦНАП); 7 – пр. Перемоги, 54;
8 – пр. Науки, 17; 9 – вул. Політехнічна (НТУ ХП)

На сьогодні в Україні застосовують наступні технології утилізації відпрацьованої електроніки:

- вилучення дорогоцінних металів з окремих компонентів, цей процес простий і економічно вигідний;
- відокремлення металевих комплектуючих (корпуси, кабелі, радіатори) для подальшого їх продажу у вигляді металобрухту;

– в деяких випадках застосовують піроліз (високотемпературний процес, що передбачає розкладання органічних сполук на більш прості газоподібні компоненти внаслідок нестачі кисню) або спалювання горючої частини [12].

Навіть при застосуванні таких технологій зберігається значна частка неутилізованих залишків, які зазвичай вже не сортують, подрібнюють і відправляють на полігони разом з твердими побутовими відходами. Отже, технології, які застосовують в Україні для переробки ВЕЕО, не є екологічно безпечними.

На сьогоднішній день в Україні працює 13 підприємств (рис. 8), де переробляють не більше ніж 2 % електронних відходів, тобто приблизно 10 тис. тон на рік [21, 32].



Рис. 8. Підприємства України, де переробляють ВЕЕО:

- 1 – ТОВ «Метал», м. Дніпро; 2 – ТОВ «АБМ Рециклінг», с. Оліївка, Житомирська обл.;
3 – ТОВ «УтільВторПром», м. Київ; 4 – ТОВ «Центр управління відходами», м. Київ;
5 – ТОВ «Утилізатор», м. Київ; 6 – ПП «Промо сервіс», м. Київ; 7 – ТОВ «ДСЛ-2010», м. Київ;
8 – МПП «Рада», м. Ірпінь, Київська обл; 9 – ТОВ «Катамет», м. Фастів, Київська обл.;
10 – ТОВ «ЕКОВДМ», м. Кропивницький; 11 – ДП «Аргентум», м. Львів; 12 – ДП «Боднарівка», м. Львів; 13 – ТОВ «НВК «УкрЕкоПром», м. Одеса

На цих підприємствах утилізують та переробляють побутові та промислові електронні відходи (комп'ютери, телевізори, ноутбуки, мобільні та стаціонарні телефони, планшети, батарейки, акумулятори, радіодеталі, джерела живлення, ртутьвмісні відходи тощо), вилучають з відходів кольорові та дорогоцінні метали, та виготовляють нову продукцію.

Пропозиції щодо вирішення проблеми поводження з електронними відходами в Україні. Впровадження системи поводження з ВЕЕО має здійснюватися в двох напрямках:

– забезпечення вилучення та утилізації непридатної до використання побутової техніки або іншого обладнання від населення;

– вилучення відпрацьованої техніки у підприємств, організацій та установ.

Зараз в Україні відсутня система, яка б на державному рівні забезпечувала приймання електронного обладнання від населення та підприємств, проводяться лише окремі акції.

Рекомендовано вжити таких заходів, щоб врегулювати питання поводження з електронними відходами в Україні:

1) розробляти електронні пристрої та обладнання з тривалішим терміном служби;

2) запускати програми зворотного викупу пристроїв;

3) розвивати систему ремонтів електронного обладнання;

4) інформувати населення про важливість правильної утилізації ВЕЕО;

5) організувати роздільне збирання та сортування сміття;

6) створити більше пунктів прийому електронних відходів різних видів, встановити спеціальні контейнери з позначенням місць їхнього розташування на інтерактивних картах;

7) забезпечити транспортування та вивезення ВЕЕО, закупити спеціальний транспорт для цього;

8) покращувати продуктивність переробки;

9) забезпечити видобування цінних промислових і дорогоцінних металів з електроніки;

10) побудувати нові підприємства з утилізації ВЕЕО в містах, де таких підприємств ще немає, або модернізувати існуючі.

Висновки.

1. У результаті аналізу накопичення електронних відходів у світі та в Україні виявлено, що кожного року у світі утворюється близько 65 млн т відходів електроніки, з яких тільки 17 % переробляють. За наближеними даними в Україні кожного року утворюється 500 тис. т електронних відходів, та 14,3 кг на душу населення.

2. Проаналізовано основні документи, що регулюють питання поводження з електронними відходами у Європейському Союзі та в Україні.

3. Проаналізовано методи збирання, утилізації, переробки та знешкодження електронних відходів в Україні та світі. Виявлені пункти збирання електронних відходів, відпрацьованих батарейок та ртутьвмісних відходів в Україні та місті Харкові зокрема. На сьогоднішній день в Україні працює 13 підприємств, де переробляють не більше ніж 2 % електронних відходів, тобто приблизно 10 тис. тон на рік. У результаті виявлено, що в Україні відсутня система, яка б на державному рівні забезпечувала приймання електронного обладнання від населення та підприємств.

4. Надано основні пропозиції щодо вирішення проблеми електронних відходів в Україні.

Список використаних джерел

1. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення. URL: https://www.irf.ua/files/ukr/programs/euro/survey_final.pdf.
2. Хомяков В.І., Коробченко Н.М. Менеджмент електронних відходів. Закордонний досвід. Збірник наукових праць ЧДТУ. Серія економічні науки. 2009. 24. Ч. 1. С. 327–331. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/32613485.pdf>.
3. Brett H. Robinson, E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. Science of the Total Environment 408. 2009. 183–191. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969709009073>.
4. Шуміло О. М., Виговська Г. П., Цигульова О. М. та ін. Вирішення проблеми електронних відходів: європейські підходи до української проблеми. Київ. ФОП «Клименко». 2013. 88 с.
5. Главацька Л.Ю., Іщенко В.А. Аналіз складу компонентів електронних та електричних відходів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 1. С. 42–48.
6. Salhofer S., and Tesar M., Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria. Journal of hazardous materials. 2011. 186 (2-3). pp. 1481–1488. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.030.
7. Bruna Alves. Global e-waste - statistics & facts. May 6, 2024. URL: <https://www.statista.com/topics/3409/electronic-waste-worldwide/#topicOverview>.
8. Dimitrakakis E., Janz A., Bilitewski B., and Gidarakos E. Determination of heavy metals and halogens in plastics from electric and electronic waste, Waste Management. 2009. № 29 (10). pp. 2700–2706. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.05.020.
9. Torretta V., Ragazzi M., Istrate I.A., Rada E.C. Management of waste electrical and electronic equipment in two EU countries: A comparison. Waste Manag. 2013. 33(1). pp. 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.029>.
10. Duan H., Hu J., Tan Q., Liu L., Wang Y., and Li J. Systematic characterization of generation and management of e-waste in China. Environmental Science and Pollution Research. 2016. № 23(2). pp. 1929–1943. DOI: 10.1007/s11356-015-5428-0.
11. Кідалов С.О. Визначення правової класифікації відходів електричного та електронного обладнання в Європейському Союзі: досвід для України. Молодий вчений. 2019. № 11 (75). С. 322–325.
12. Філатов Л.Г., Сидоренко С.В., Кононенко О.С. Поводження з електронними відходами в Україні: аналіз проблеми та шляхи вирішення. Вісник національного технічного університету «ХПІ». 2012. № 34. С. 124–130. URL: <https://core.ac.uk/reader/50579330>.

13. Hong H. S., and Choi A. R. Quantitative characterization of recyclable resources dismantled from waste liquid crystal display products. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2018. № 20(4), pp. 2054–2061. DOI: 10.1007/s10163-018-0758-x.
14. Musson S.E., Vann K.N., Jang Y.C., Mutha S., Jordan A., Pearson B., and Townsend T.G. RCRA toxicity characterization of discarded electronic devices. *Environmental science & technology*. 2006. № 40(8), pp. 2721–2726. DOI: 10.1021/es051557n.
15. Morf L.S., Tremp J., Gloor R., Schuppisser F., Stengele M., and Taverna R., Metals, non-metals and PCB in electrical and elec-tronic waste – Actual levels in Switzerland. *Waste Management*. 2007. № 27(10). pp. 1306–1316. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.06.014.
16. Mattson K.R., Lauritsen L.L. and Pettersen J.B. Electronic Waste Treatment Flows in Norway: Investigating recycling rates and embodied emissions. DOI: 10.31025/2611-4135/2023.18331.
17. Oguchi M., Sakanakura H., and Terazono A. Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. *Science of the total environment*. 2013. 463. pp. 1124–1132. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.078>.
18. Chancerel P., and Rotter S. Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. *Waste management*. 2009. № 29(8). pp. 2336–2352. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.04.003.
19. Електронні відходи: глобальний виклик для людства і планети. URL: <https://mepr.gov.ua/elektronni-vidhody-globalnyj-vyklyk-dlya-lyudstva-i-planety/#:~:text=>
20. Which country produces the most e-waste? URL: <https://www.sustainabilitymatters.net.au/content/sustainability/news/which-country-produces-the-most-e-waste--1133596634>
21. Чому сотні тисяч тонн електронних відходів в Україні розкладаються на полігонах, а не проходять рециклінг? URL: <https://www.dsnews.ua/ukr/blog/chomu-sotni-tisyach-tonn-elektronnih-vidhodiv-v-ukrajini-rozkladayutsya-na-poligonah-a-ne-prohodyat-recikling-07102021-439129>.
22. E-waste generated per capita. URL: <https://goingdigital.oecd.org/indicator/53>.
23. Директива Європейського парламенту і ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/2008-98-ec.pdf>.
24. European Critical Raw Materials Act. URL: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_en.
25. Elektroschrott in Deutschland – alles, was Sie wissen sollten. URL: <https://www.donnerberg.net/de-fr/blogs/alle-beitrage/elektroschrott-in-deutschland-alles-was-sie-wissen-sollten>.
26. Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на період до 2025 року. Затв. розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2021 р. № 443-р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KR210443?an=11>.

27. Про відходи : Закон України від 5 березня 1998 р. № 187/98-ВР (зі змінами). – URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80/page>.
28. Національна мапа пунктів прийому вторсировини. URL: <https://recyclingpoints.org/>.
29. Куди здати батарейки в Україні. URL: <https://batareiky.ua/>.
30. Куди здати ртутні лампи, термометри та електронні сигарети в Україні. URL: <https://batareiky.ua/post/other-hazardous-waste>.
31. Нам не до лампочки! Біля ХПІ встановили контейнер для збирання небезпечних відходів. URL: <https://www.kpi.kharkov.ua/ukr/2023/11/11/nam-ne-do-lampochky-bilya-hpi-vstanovyly-kontejner-dlya-zbyrannya-nebezpechnyh-vidhodiv/>.
32. Реєстр ліцензіатів з управління небезпечними відходами. URL: <https://eco.gov.ua/reiestr-litsenziativ-z-upravlinnia-nebezpechnymy-vidkhodamy>.

Doctor of Technical Sciences, Professor, **Lynnyk Iryna, Sabaeva Polina**,
O.M. Beketov National University of Municipal Economy in Kharkiv

ENROLLMENT WITH ELECTRONIC EXITS IN UKRAINE AND THE COUNTRY

The problem of waste electronic and electrical equipment and spent power cells has recently become one of the main environmental problems in the whole world and requires a quick and effective solution. Accumulation of waste at all stages of production and processing of resources is closely related to human activity. The widespread use of electrical and electronic equipment not only significantly improves people's quality of life, but also leads to negative consequences for the environment and public health. This is due to inefficient e-waste management. The accumulation of electronic waste in the world and in Ukraine was analyzed and it was found that about 65 million tons of electronic waste is generated in the world every year, of which only 17 % is recycled. According to approximate data, 500 000 tons of electronic waste is generated in Ukraine every year, and 14,3 kg per capita. The main documents regulating the management of e-waste in the European Union and Ukraine were analyzed. The methods of collection, utilization, processing and disposal of electronic waste in Ukraine and the world were analyzed. Collection points for electronic waste, spent batteries and mercury-containing waste have been identified in Ukraine and the city of Kharkiv in particular. It was found that there are 13 enterprises operating in Ukraine that recycle and recycle household and industrial electronic waste (computers, TVs, laptops, mobile and landline phones, tablets, batteries, accumulators, radio components, power sources, mercury-containing waste, etc.), are removed from waste non-ferrous and precious metals, and manufacture new

products. At the same time, it should be noted that these enterprises process no more than 2 % of electronic waste, that is, approximately 10 000 tons per year. As a result, it was found that there is no system in Ukraine that would ensure the acceptance of electronic equipment from the population and enterprises at the state level. The main proposals for solving the problem of electronic waste in Ukraine are provided.

Keywords: e-waste; accumulation of e-waste; collection of e-waste; processing and disposal of e-waste.

REFERENCES

1. The current state of e-waste management policy in Ukraine and the European Union: steps towards rapprochement. Retrieved from: https://www.irf.ua/files/ukr/programs/euro/survey_final.pdf. {in Ukrainian}.
2. Khomyakov, V.I., Korobchenko, N.M. (2009). Electronic waste management. Foreign experience. A collection of scientific papers of ChDTU. Series of economic sciences. 24. Part 1. 327–331. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/32613485.pdf>. {in Ukrainian}.
3. Brett, H. Robinson. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment* 408. 183–191. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969709009073>. {in English}.
4. Shumilo, O.M., Vygovska, G.P., Tsygulova, O.M. and others. (2013). Solving the problem of electronic waste: European approaches to the Ukrainian problem. Kyiv. FOP «Klymenko». 88 p. {in Ukrainian}.
5. Hlavatska, L.Yu., Ishchenko, V.A. (2021). Analysis of the composition of electronic and electrical waste components. *Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*. 1. 42–48. {in Ukrainian}.
6. Salhofer, S., and Tesar, M. (2011). Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria. *Journal of hazardous materials*. 186 (2-3). 1481–1488. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.030. {in English}.
7. Bruna, Alves. Global e-waste - statistics & facts. May 6, 2024. Retrieved from: <https://www.statista.com/topics/3409/electronic-waste-worldwide/#topicOverview>. {in English}.
8. Dimitrakakis, E., Janz, A., Bilitewski, B., and Gidarakos, E. (2009). Determination of heavy metals and halogens in plastics from electrical and electronic waste, *Waste Management*. 29 (10). 2700–2706. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.05.020. {in English}.
9. Torretta, V., Ragazzi, M., Istrate, I.A., Rada, E.C. (2013). Management of waste electrical and electronic equipment in two EU countries: A comparison. *Waste Manag.* 33(1). 117-122. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.07.029>. {in English}.
10. Duan, H., Hu, J., Tan, Q., Liu, L., Wang, Y., and Li, J. (2016). Systematic characterization of generation and management of e-waste in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 23(2). 1929–1943. DOI: 10.1007/s11356-015-5428-0. {in English}.

11. Kidalov, S.O. (2019). Determination of the legal classification of waste electrical and electronic equipment in the European Union: experience for Ukraine. *A young scientist*. 11 (75). 322–325. {in Ukrainian}.
12. Filatov, L.G., Sydorenko, S.V., Kononenko, O.S. (2012). Management of electronic waste in Ukraine: analysis of the problem and solutions. *Bulletin of the KhPI National Technical University*. 34. 124–130. Retrieved from: <https://core.ac.uk/reader/50579330>. {in Ukrainian}.
13. Hong, H.S., and Choi, A.R. (2018). Quantitative characterization of recyclable resources dismantled from waste liquid crystal display products. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 20(4). 2054–2061. DOI: 10.1007/s10163-018-0758-x. {in English}.
14. Musson, S.E., Vann, K.N., Jang, Y.C., Mutha, S., Jordan, A., Pearson, B., and Townsend, T.G. (2006). RCRA toxicity characterization of discarded electronic devices. *Environmental science & technology*. 40(8). 2721–2726. DOI: 10.1021/es051557n. {in English}.
15. Morf, L.S., Tremp, J., Gloor, R., Schuppisser, F., Stengele, M., and Taverna, R. (2007). Metals, non-metals and PCBs in electrical and electronic waste – Actual levels in Switzerland. *Waste Management*. 27(10). 1306–1316. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.06.014. {in English}.
16. Mattson, K.R., Lauritsen, L.L. and Pettersen, J.B. (2023). Electronic Waste Treatment Flows in Norway: Investigating recycling rates and embodied emissions. DOI: 10.31025/2611-4135/2023.18331. {in English}.
17. Oguchi, M., Sakanakura, H., and Terazono, A. (2013). Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. *Science of the total environment*. 463. 1124–1132. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.078>. {in English}.
18. Chancerel, P., and Rotter, S. (2009). Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. *Waste management*. 29(8). 2336–2352. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.04.003. {in English}.
19. Electronic waste: a global challenge for humanity and the planet. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/elektronni-vidhody-globalnyj-vyklyk-dlya-lyudstva-i-planety/#:~:text={in Ukrainian}>.
20. Which country produces the most e-waste? Retrieved from: <https://www.sustainabilitymatters.net.au/content/sustainability/news/which-country-produces-the-most-e-waste--1133596634>. {in Ukrainian}.
21. Why are hundreds of thousands of tons of electronic waste in Ukraine disposed of in landfills instead of being recycled? Retrieved from: <https://www.dsnews.ua/ukr/blog/chomu-sotni-tisyach-tonn-elektronnih-vidhodiv-v-ukrajini-rozkladayutsya-na-poligonah-a-ne-prohodyat-rekikling-07102021-439129>. {in Ukrainian}.
22. E-waste generated per capita. Retrieved from: <https://goingdigital.oecd.org/indicator/53>. {in Ukrainian}.
23. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and the Council of November 19, 2008 on waste and repealing certain directives. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/2008-98-ec.pdf>. {in Ukrainian}.

24. European Critical Raw Materials Act. Retrieved from: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_en. {in English}.
25. Elektroschrott in Deutschland – alles, was Sie wissen sollten. Retrieved from: <https://www.donnerberg.net/de-fr/blogs/alle-beitrage/elektroschrott-in-deutschland-alles-was-sie-wissen-sollten>. {in German}.
26. National action plan for environmental protection for the period until 2025. (2021). Approval by order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 21, 2021. 443. Retrieved from: <https://ips.ligazakon.net/document/KR210443?an=11>. {in Ukrainian}.
27. On waste: Law of Ukraine dated March 5, 1998. № 187/98-VR (as amended). – Retrieved from: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80/page>. {in Ukrainian}.
28. National map of recycling points. Retrieved from: <https://recyclingpoints.org/>. {in Ukrainian}.
29. Where to hand in batteries in Ukraine. Retrieved from: <https://batareiky.ua/>. {in Ukrainian}.
30. Where to hand in mercury lamps, thermometers and electronic cigarettes in Ukraine. Retrieved from: <https://batareiky.ua/post/other-hazardous-waste>. {in Ukrainian}.
31. We don't like light bulbs! A container for collecting hazardous waste was installed near KhPI. Retrieved from: <https://www.kpi.kharkov.ua/ukr/2023/11/11/nam-ne-do-lampochky-bilya-hpi-vstanovyly-kontejner-dlya-zbyrannya-nebezpechnyh-vidhodiv/>. {in Ukrainian}.
32. Register of hazardous waste management licensees. Retrieved from: <https://eco.gov.ua/reiestr-litsenziativ-z-upravlinnia-nebezpechnymy-vidkhodamy>. {in Ukrainian}.