

Л. Ю. Главацька
Вінницький національний
технічний університет

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ

Проаналізовано сучасний стан системи поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні. Здійснено оцінку кількості утворених ВЕЕО в Україні шляхом аналізу ринку електроніки та статистичних даних щодо утворення відходів у промисловому і комерційному секторах. Головним компонентом ВЕЕО в Україні є пластик (30%), а також мідь (20%) і залізо (8%). Щорічно в Україні утворюється близько 28 тис. тонн ВЕЕО (технологічне обладнання – 60%, акумулятори і батареї – 21%, побутові та офісні прилади – 13%, компоненти електричного обладнання – 4%, люмінесцентні лампи – 2%). Ці дані, ймовірно, є заниженими у зв'язку із відсутністю системи моніторингу за ВЕЕО у побутовому секторі. 128 підприємств України можуть збирати окремі типи ВЕЕО, які містять у своєму складі небезпечні сполуки (батареї, люмінесцентні лампи тощо) 3 них 22 мають ліцензію на утилізацію цих відходів. Всі інші ВЕЕО не охоплені. 2 області не мають жодного підприємства, яке б могло долучитися до поводження з ВЕЕО. Існуючі підприємства не можуть переробляти належним чином той обсяг відходів, який уже накопичився та буде продовжувати зростати. Таким чином, Україні потрібне прийняття відповідного законодавства на загальнодержавному рівні, створення пунктів прийому ВЕЕО, сприяння та контроль за поводженням з ВЕЕО підприємствами, а також створення ефективної системи моніторингу потоків ВЕЕО. Необхідно інформувати населення про шкоду ВЕЕО для навколишнього середовища та в подальшому і на здоров'я людей. Провести компанію по популяризації роздільного збору сміття та необхідність відокремлення електротехнічних приладів від твердих побутових відходів.

Ключові слова: відходи електричного та електронного обладнання, електронні відходи, навколишнє середовище, поводження з відходами, утилізація електронних відходів, пункт прийому електронних та електричних відходів.

Постановка проблеми. Відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО, електронні відходи) – відносно новий тип відходів, утворений через зростання ринку електронної та електричної техніки. Проблема утилізації та переробки ВЕЕО з кожним роком набуває критичного характеру і стає все більш актуальною для всіх країн світу. Незважаючи на те, що ці відходи містять як токсичні компоненти, так і цінні складові, вони все одно потрапляють на сміттєзвалища, що призводить до негативних екологічних наслідків. Так, згідно [1–5] ВЕЕО зазвичай містять токсичні отруйні речовини, такі як свинець, ртуть, миш'як та інші важкі метали, які можуть просочуватися у ґрунт та підземні води. На звалищах США 70% важких металів припадає саме на електронні відходи [6]. Крім того, пластик електронних відходів містить різні допоміжні речовини (пігменти, ретарданти, стабілізатори, пластифікатори) [7], які є джерелом багатьох токсичних речовин.

Загальна генерація ВЕЕО складає близько 42 млн. тонн/рік [8]. Незважаючи на те, що Європа та США раніше були відповідальні за більшість цих відходів, в даний час Китай, Латинська Америка та інші зростаючі економіки в сукупності генерують більше електронних відходів [9].

Електронні відходи стабільно експортуються із розвинутих країн у країни, що розвиваються, часто із порушенням законодавства. Наприклад, в США, за оцінками, таким чином експортується 50-80% відходів, зібраних для переробки [6]. Дотримання заборони на експорт залишається основною проблемою виконання Базельської конвенції. Особливо великі кількості електронних відходів нелегально потрапляють у Китай через Гонконг [10]. Лі та інші [6] вивчають та досліджують транспортування ВЕЕО та нелегальну глобальну торгівлю електронними відходами. В Україні також існує проблема нелегального ввезення старої техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема ефективного поводження з ВЕЕО в Україні розглядається на загальнодержавному рівні. Розробляються програми та плани дій, з урахуванням закордонного досвіду. В ЄС, Японії, Пд. Кореї та інших країнах існують приклади ефективних фінансових інструментів поводження з електронними відходами [11–13], зокрема

розширена відповідальність виробників, яка забезпечує оплату збирання і утилізації ВЕЕО. Незважаючи на це, стратегії поводження з ВЕЕО в Україні до цих пір немає. У 2016 році було розроблено проект Закону України "Про відходи електричного та електронного обладнання", який ще досі не прийнятий. Згідно концепції сталого розвитку має бути вдосконалена законодавча база у сфері поводження з електронними та електричними відходами, а також встановлена мета – створення сучасної інфраструктури, що має забезпечити скорочення обсягів відходів на 20%.

В 2021 році в Україні стартував перший соціальний еко-просвітницький проект з культури поводження та збору електронних відходів E-waste Ukraine (повідомляє Укрінформі ГО Let's Do It GREEN Ukraine). Проект покликаний подолати один з найгостріших викликів сучасності – організувати системний масовий збір електронних відходів та впровадити культуру свідомого споживання та поводження з найактуальнішим видом відходів сьогодення [14].

Постановка завдання. ВЕЕО з часом не розкладаються, а накопичуються у навколишньому середовищі, забруднюючи його токсичними речовинами. Через велику шкоду довкіллю, яка може бути викликана неправильними поводженням з такими відходами, їх дослідження є актуальною задачею.

Метою даної роботи є дослідження поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні та аналіз підприємств і організацій, задіяних у цій сфері.

Виклад основного матеріалу. Проведено ґрунтовний аналіз літератури, присвяченої ВЕЕО. У сфері поводження з відходами в Україні задіяний значний виробничий, науково-технічний, підприємницький потенціал. У цій сфері налічується більше 1500 підприємств. Оскільки законодавством України не передбачене ліцензування поводження з ВЕЕО як окремою категорією відходів, то для проведення дослідження було проаналізовано перелік ліцензіатів на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами, сформований Міністерством екології та природних ресурсів України [15], адже багато ВЕЕО також відносяться до категорії небезпечних відходів (наприклад, люмінесцентні лампи, відпрацьовані хімічні джерела струму тощо). Згідно законодавства України [16] ліцензія видається на необмежений строк. Аналізувались всі організації, які займаються поводженням з ВЕЕО, тобто їх збиранням, перевезенням, зберіганням, обробленням (переробленням, сортуванням), утилізацією, видаленням, знешкодженням і захороненням. Також здійснено оцінку кількості утворених ВЕЕО в Україні шляхом аналізу ринку електроніки та статистичних даних щодо утворення відходів у промисловому і комерційному секторах.

Ринок електронної техніки в Україні, після економічного спаду 2014 року, останніми роками демонструє стабільне зростання (рис. 1). Це призводить до збільшення кількості ВЕЕО.



Рис. 1. Продажі деяких видів побутової техніки в Україні, од.

Аналіз показує, що головним компонентом ВЕЕО в Україні є пластик (30%), а також мідь (20%) і залізо (8%). Вміст інших цінних металів менший: олово – 4%, нікель, алюміній, свинець – по 2%, цинк – 1%, срібло – 0,2%, золото – 0,1%. Оскільки ВЕЕО є дуже різноманітними і містять також цінні компоненти, для їх утилізації потрібні спеціальні, часто дорогі технології. Це призводить до необхідності створення нових, високотехнологічних підприємств, що в сучасних українських умовах є складною задачею.

Сьогодні в Україні з ЄС потрапляє значна частина ВЕЕО, в тому числі близько 14-18% – нелегально. У 2017 році згідно офіційної статистики в Україні було утворено 28225,5 т ВЕЕО (табл. 1).

Таблиця 1

Маси ВЕЕО, утворені в Україні у 2017 році

ВЕЕО	Джерело утворення відходів	Маса, тонн	Утилізовано, тонн
Залишки тонера	Відходи виробництва друкованої продукції	0,1	-
Проводи і кабелі	Відходи виробництва гумових і пластикових виробів; Відходи виробництва електричного обладнання	695,2	42,8
Відпрацьовані електроди	Відходи виробництва металів; Відходи виробництва електричного обладнання	2,9	-
Мідні провідники	Відходи виробництва машин та обладнання	0,2	-
Електроізоляційні матеріали	Відходи виробництва машин та обладнання Відходи виробництва електричного обладнання	208,7	13,0
радіатори	Відходи виробництва машин та обладнання	1,5	-
Спеціалізоване технологічне обладнання	Відходи виробництва машин та обладнання Побутові відходи	16506,6	418,8
Електродетонатори	Відходи виробництва машин та обладнання	0,1	-
Електричні побутові прилади	Комерційні відходи Побутові відходи Відходи виробництва машин та обладнання	3637,5	1,2
Електронні компоненти	Відходи виробництва офісного обладнання	34,8	-
Офісне обладнання	Відходи виробництва офісного обладнання	20,3	-
Акумулятори і батареї, їх компоненти	Відходи виробництва електричного обладнання; Відходи виробництва і експлуатації автомобілів	5934,8	34400,6
Компактні батарейки	Побутові відходи; Відходи виробництва електричного обладнання	7,2	-
Електричні апарати	Відходи виробництва електричного обладнання	0,6	-
Люмінесцентні лампи	Побутові відходи Відходи виробництва телерадіообладнання	588,5	429,1
Кінескопи	Відходи виробництва телерадіообладнання	2,3	17,7
Брухт побутової радіоапаратури	Відходи виробництва телерадіообладнання Побутові відходи	1,1	-
Телевізійні і радіопередавальні пристрої	Відходи виробництва телерадіообладнання	0,6	-
Медичне обладнання	Відходи виробництва медичних приладів Побутові відходи; Відходи медичних установ	292,3	73,9
Вимірювальні прилади	Відходи виробництва вимірювальних приладів Побутові відходи	0,1	-
Трансформатори і конденсатори	Побутові відходи	208,4	3,0
Електромагнітне обладнання	Побутові відходи	9,4	-
Наукове обладнання	Побутові відходи	72,3	-
Всього		28225,5	35400,1

Узагальнюючи отримані дані, можна виділити таку структуру електронних відходів в Україні:

- технологічне обладнання – 60%;
- акумулятори і батареї – 21%;
- побутові та офісні прилади – 13%;
- компоненти електричного обладнання – 4%;
- люмінесцентні лампи – 2%.

Дані табл. 1, ймовірно, є заниженими у зв'язку із відсутністю системи моніторингу за ВЕЕО у побутовому секторі. Це підтверджується і порашованим показником 0,7 кг ВЕЕО/рік на 1 людину, що значно менше, ніж у інших країнах (наприклад, у Швеції 17,5 кг/рік [13]). Таким чином, велика кількість використаної техніки залишається необлікованою. Крім того, багато використаної техніки ввозиться в Україну нелегально. Відсутність системи роздільного збирання ВЕЕО і пунктів прийому цих відходів не дозволяє у повній мірі оцінити потоки електронних відходів у побутовому секторі.

Кількість утилізованих ВЕЕО в Україні за 2017 рік склала 35400 тонн (див. табл. 1), що перевищує кількість утворених відходів. Цей показник, ймовірно, досягнутий за рахунок утилізації промислових акумуляторів, накопичених за попередні роки. Без врахування цієї категорії, кількість утилізованих електронних відходів була близько 1000 тонн, що складає лише 4,5% від утвореної кількості.

Результати досліджень підприємств, що із 219 підприємств, які отримали ліцензію на поводження з небезпечними відходами, 128 можуть працювати з окремими типами ВЕЕО, які містять у своєму складі небезпечні сполуки (батареї, люмінесцентні лампи тощо). Всі інші ВЕЕО не охоплені.

22 області України мають підприємства-ліцензіати (табл. 2), лише Волинська та Чернігівська області не мають жодного підприємства, яке б могло долучитися до поводження з ВЕЕО.

Таблиця 2

Організації, які працюють у сфері поводження з небезпечними відходами і можуть працювати із окремими типами ВЕЕО

Область	Кількість організацій	Область	Кількість організацій
Київська	27	Вінницька	4
Донецька	13	Івано-Франківська	4
Черкаська	9	Житомирська	4
Запорізька	8	Миколаївська	3
Дніпропетровська	8	Сумська	2
Львівська	7	Чернівецька	2
Луганська	7	Тернопільська	2
Хмельницька	6	Херсонська	1
Полтавська	5	Закарпатська	1
Харківська	5	Рівненська	1
Кіровоградська	5	Волинська	0
Одеська	4	Чернігівська	0

22 підприємства мають необхідні потужності та ліцензію для утилізації ВЕЕО, але лише 4 з них активно працюють (одне – у м. Одеса, три – у Київській області). Вони здійснюють збирання, зберігання, оброблення, видалення і знешкодження електронних відходів, які відносяться до небезпечних (ртуть і її сполуки, відпрацьовані батареї свинцевих акумуляторів (цілі чи розламані); відходи і брукт електричних та електронних вузлів, що містять акумуляторні або інші батареї).

Таким чином, найбільше підприємств, які мають ліцензію на поводження із небезпечними відходами, тобто можуть збирати (утилізувати) окремі типи ВЕЕО, знаходиться у Київській і Донецькій областях (21% і 10% від загальної кількості відповідно). Є області у яких відсутні такі підприємства, або їх недостатня кількість (Волинська, Чернігівська, Рівненська, Закарпатська, Херсонська області). Цей факт, а також відсутність функціонуючої системи поводження з ВЕЕО, призводить до того, що ці відходи та їх небезпечні компоненти потрапляють на сміттєзвалища, де завдають значної шкоди довкіллю, а їх цінні ресурси втрачаються.

Враховуючи площу території та чисельність населення, в Україні дуже мало підприємств з сфери поводження з електронними відходами. Крім того, лише невелика кількість цих організацій здійснюють утилізацію таких відходів. Більше того, значна частина ВЕЕО залишається неохопленою, що становить значну загрозу екологічній безпеці України.

Висновки. Поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні перебуває поки що у примітивному стані. Відсутня відповідна законодавча та інфраструктурна база. За офіційними даними щорічно в Україні утворюється близько 28 тис. тонн електронних відходів. Однак ця кількість не враховує побутові відходи домогосподарств, оскільки подібна статистика не ведеться. Оцінювання потоків електронних відходів як окремої категорії не

проводиться. Кількість підприємств, які можуть утилізувати відходи такого типу, є малою. Вони не можуть переробляти належним чином той обсяг відходів, який уже накопичився та буде продовжувати зростати. 2 області не мають жодного підприємства, які могли б бути задіяні у сфері поводження з ВЕЕО. Таким чином, Україні потрібне прийняття відповідного законодавства на загальнодержавному рівні, створення пунктів прийому ВЕЕО, сприяння та контроль за поводженням з ВЕЕО підприємствами, а також створення ефективної системи моніторингу потоків ВЕЕО. Крім того, необхідним завданням є інформування населення про шкоду від неправильного поводження з електронними відходами та недопущення надходження таких відходів у довкілля.

Література

1 Bigum M., Petersen C., Christensen T., Scheutz C., WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste, *Waste Management*, vol. 33(11), pp 2372-2380, 2013.

2 Salhofer S., Tesar M., Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria, *Journal of hazardous materials*, vol. 186(2-3), pp 1481-1488, 2011.

3 Oguchi M., Sakanakura H., Terazono A., Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes, *Science of the total environment*, vol. 463, pp 1124-1132, 2013.

4 Ishchenko V., Pohrebennyk V., Borowik B., Falat P., Shaikhanova A., Toxic substances in hazardous household waste, *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018*, vol. 18(4.2), pp 223-230, 2018.

5 Ishchenko V., Vasylykivskyi I., Environmental Pollution with Heavy Metals: Case Study of the Household Waste. In *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems*, Springer, pp 161-175, 2020.

6 Lee D., Offenhuber D., Duarte F., Biderman A., Ratti C., Monitour: Tracking global routes of electronic waste, *Waste Management*, vol. 72, pp 362-370, 2018.

7 Dimitrakakis E., Janz A., Bilitewski B., Gidarakos E., Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics, *Journal of Hazardous Materials, USA*, vol. 161/issue 2-3, pp 913-919, 2009.

8 Balde C.P., Wang F., Kuehr R., Huisman J., The global e-waste monitor: quantities, flows and resources, Germany, 2014.

9 Robinson B.H., E-waste: an assessment of global production and environmental impacts, *Science of the Total Environment*, vol. 408(2), pp 183-191, 2009.

10 Lu C., Zhang L., Zhong Y., Ren W., Tobias M., Mu Z., Xue B., An overview of e-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 17(1), pp 1-12, 2015.

11 Gregory J.R., Kirchain R.E., A comparison of North American electronics recycling systems, *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, pp. 227-232, 2007.

12 Kahhat R., Kim J., Xu M., Allenby B., Williams E., Zhang P., Exploring e-waste management systems in the United States, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52(7), pp 955-964, 2008.

13 Bernstad A., Jansen J.I.C., Aspegren H., Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment – A Swedish case study, *Waste Management, USA*, vol. 31/issue 3, pp 536-543, 2011.

14 Українське національне інформаційне агентство «Укрінформ» [Веб-сайт]. Київ, 2015-2021. URL: <https://www.ukrinform.ua> (дата звернення: 1.05.2020).

15 Licensing Registry (hazardous waste management). Retrieved from: <https://menr.gov.ua/content/perelik-licenziativ-na-provadhennya-gospodarskoi-diyalnosti-z-povodzhennya-z-nebezpechnimi-vidhodami.html>.

16 Act of the Government of Ukraine on approval of Licensing conditions for hazardous waste management, Ukraine, No. 446, 13.07.2016.

*L. Hlavatska**Vinnitsia National Technical University*

ANALYSING THE TREATMENT OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN UKRAINE

The article analyzes the treatment of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Ukraine. The amount of established WEEE in Ukraine is assessed by analyzing the electronics market and statistics on waste generation in the industrial and commercial sectors. The main component of WEEE in Ukraine is plastic (30%), as well as copper (20%) and iron (8%). About 28 thousand tons of WEEE (technological equipment – 60%, accumulators and batteries – 21%, household and office appliances – 13%, components of electrical equipment – 4%, fluorescent lamps – 2%) are created in Ukraine annually. These data may be underestimated due to the lack of WEEE monitoring system in the household sector. 128 Ukrainian enterprises can collect certain types of WEEE that contain hazardous compounds (batteries, fluorescent lamps, etc.). 22 of them are licensed to use these wastes. All other WEEE is not covered. 2 oblasts do not have any enterprises that could help to treat WEEE. Existing businesses cannot properly recycle waste that has already accumulated and will continue to grow. Thus, Ukraine needs the adoption of relevant legislation at the national level, the creation of WEEE reception points, assistance and control over the treatment of WEEE by enterprises, as well as the creation of an effective system for monitoring WEEE flows. It is necessary to inform the population about the harm of WEEE to the environment and further to human health and to carry out a campaign to promote separate garbage collection and the need to separate electrical appliances from solid waste.

Key words: waste electrical and electronic equipment, electronic waste, environment, waste treatment, utilization of electronic waste, electronic and electrical waste collection point.

References

- 1 Bigum M., Petersen C., Christensen T., Scheutz C., WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste, *Waste Management*, vol. 33(11), pp 2372-2380, 2013.
- 2 Salhofer S., Tesar M., Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria, *Journal of hazardous materials*, vol. 186(2-3), pp 1481-1488, 2011.
- 3 Oguchi M., Sakanakura H., Terazono A., Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes, *Science of the total environment*, vol. 463, pp 1124-1132, 2013.
- 4 Ishchenko V., Pohrebennyk V., Borowik B., Falat P., Shaikhanova A., Toxic substances in hazardous household waste, *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2018*, vol. 18(4.2), pp 223-230, 2018.
- 5 Ishchenko V., Vasylykivskiy I., Environmental Pollution with Heavy Metals: Case Study of the Household Waste. In *Sustainable Production: Novel Trends in Energy, Environment and Material Systems*, Springer, pp 161-175, 2020.
- 6 Lee D., Offenhuber D., Duarte F., Biderman A., Ratti C., Monitour: Tracking global routes of electronic waste, *Waste Management*, vol. 72, pp 362-370, 2018.
- 7 Dimitrakakis E., Janz A., Bilitewski B., Gidaracos E., Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics, *Journal of Hazardous Materials, USA*, vol. 161/issue 2-3, pp 913-919, 2009.
- 8 Balde C.P., Wang F., Kuehr R., Huisman J., *The global e-waste monitor: quantities, flows and resources*, Germany, 2014.
- 9 Robinson B.H., E-waste: an assessment of global production and environmental impacts, *Science of the Total Environment*, vol. 408(2), pp 183-191, 2009.
- 10 Lu C., Zhang L., Zhong Y., Ren W., Tobias M., Mu Z., Xue B., An overview of e-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 17(1), pp 1-12, 2015.
- 11 Gregory J.R., Kirchain R.E., A comparison of North American electronics recycling systems, *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, pp. 227-232, 2007.

12 Kahhat R., Kim J., Xu M., Allenby B., Williams E., Zhang P., Exploring e-waste management systems in the United States, Resources, Conservation and Recycling, vol. 52(7), pp 955-964, 2008.

13 Bernstad A., Jansen J.I.C., Aspegren H., Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment – A Swedish case study, Waste Management, USA, vol. 31/issue 3, pp 536-543, 2011.

14 Ukrainian National News Agency "Ukrinform". Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua>

15 Licensing Registry (hazardous waste management). Retrieved from: <https://menr.gov.ua/content/perelik-licenziativ-na-provadhennya-gospodarskoi-diyalnosti-z-povodzhennya-z-nebezpechnimi-vidhodami.html>.

16 Act of the Government of Ukraine on approval of Licensing conditions for hazardous waste management, Ukraine, No. 446, 13.07.2016.