

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.3\(481\).15](https://doi.org/10.15589/znp2020.3(481).15)  
УДК 502.37

## STUDY OF ORGANIZATIONAL PRINCIPLES OF WASTE ELECTRIC AND ELECTRONIC EQUIPMENT MANAGEMENT IN UKRAINE

### ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗАСАД ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ

**Liliya Yu. Hlavatska**  
manilkolili4ka@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-2365-1354

**Vitalii A. Ishchenko**  
ORCID: 0000-0002-8464-1096  
ishchenko.v.a@vntu.edu.ua

**Vasyl G. Petruk**  
petrukvg@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-0834-7338

**Л. Ю. Главацька,**  
аспірант

**В. А. Іщенко,**  
канд. техн. наук, доцент

**В. Г. Петрук,**  
докт. техн. наук, професор

*Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia*  
*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

**Abstract. Purpose.** The purpose of the paper is to study the organizational principles of waste electrical and electronic equipment management in Ukraine.

**Method.** The authors have analyzed Ukrainian companies engaged in waste electrical and electronic equipment management. Since there is no licensing for waste management of electrical and electronic equipment in Ukraine, the paper analyzes the companies engaged in hazardous waste management. This is because many electronic waste also belongs to the category of hazardous waste (e.g. fluorescent lamps and spent batteries). Besides, the statistical data on electronic waste management have been studied.

**Results.** The paper analyzes the companies engaged in waste electrical and electronic equipment management in Ukraine (collection, transportation, storage, processing, utilization, removal and disposal). There is no relevant legislative and infrastructural base in Ukraine. Very few companies are engaged in management of such type of waste. They cannot process all electronic waste. Among 219 companies having a license for hazardous waste management, 128 companies have capacities to process certain types of waste electrical and electronic equipment containing hazardous compounds (batteries, fluorescent lamps, etc.).

Other types of electronic waste are not covered. The components and chemical composition of waste electrical and electronic equipment has been studied. The volume of electronic waste generated in Ukraine was estimated. However, official statistics are likely to be underestimated due to the lack of an electronic waste monitoring system in the households. Also, a structural scheme and algorithm of waste electronic and electrical equipment management have been developed.

**Scientific novelty.** The scientific novelty of the paper lies in the scientific substantiation of the algorithm of waste electrical and electronic equipment management in Ukraine.

**Practical importance.** The practical importance of the paper includes the analysis of statistical data and companies engaged in the field of waste electrical and electronic equipment management.

**Key words:** waste electrical and electronic equipment; electronic waste; waste composition; structural scheme; waste management.

**Анотація. Мета.** Метою роботи є дослідження організаційних засад поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні.

**Методика.** Авторами аналізувалися підприємства України, які займаються поводженням із відходами електричного та електронного обладнання. Оскільки законодавством України не передбачене ліцензування поводження з відходами електричного та електронного обладнання, то для проведення дослідження було проаналізовано перелік ліцензіатів на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами, адже багато електронних відходів також відносяться до категорії небезпечних відходів (наприклад, люмінесцентні

лампи, відпрацьовані хімічні джерела струму). Крім того, досліджувалися статистичні дані щодо поводження з електронними відходами.

*Результати.* У роботі проаналізовані підприємства, які займаються поводженням з відходами електричного та електронного обладнання в Україні (збиранням, перевезенням, зберіганням, обробленням, утилізацією, видаленням, знешкодженням і захороненням). Встановлено, що в Україні відсутня відповідна законодавча та інфраструктурна база. Кількість підприємств, які можуть утилізувати відходи такого типу, є малою. Вони не можуть переробляти належним чином весь обсяг електронних відходів. Із 219 підприємств, які отримали ліцензію на поводження з небезпечними відходами, 128 можуть працювати з окремими типами відходів електричного та електронного обладнання, які містять у своєму складі небезпечні сполуки (батареї, люмінесцентні лампи тощо). Всі інші електронні відходи не охоплені.

Досліджено компонентний і хімічний склад відходів електричного та електронного обладнання. Оцінено обсяг електронних відходів, які утворюються в Україні. Однак офіційні статистичні дані, ймовірно, є заниженими у зв'язку з відсутністю системи моніторингу за електронними відходами у побутовому секторі. Також у роботі розроблено структурну схему та алгоритм поводження з відходами електронного та електричного обладнання.

*Наукова новизна.* Наукова новизна роботи полягає у науковому обґрунтуванні алгоритму поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні.

*Практична значимість.* Практична значимість роботи полягає в аналізі статистичних даних і підприємств, які працюють у сфері поводження з відходами електричного та електронного обладнання.

**Ключові слова:** відходи електричного та електронного обладнання; електронні відходи; склад відходів; структурна схема; поводження з відходами.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Проблема накопичення відходів електронного та електричного обладнання (далі – ВЕЕО) в Україні маловідома та мало вивчена. Нині немає достовірних даних про фактичні обсяги утворення ВЕЕО в Україні. Така інформація не збирається і не аналізується жодною зі служб України. Здебільшого ці відходи йдуть потоком на звалища зі звичайними побутовими відходами, що суттєво загострює ситуацію із забрудненням навколишнього середовища.

Відходи електричного та електронного обладнання – відносно новий тип відходів, утворений через зростання ринку електронної та електричної техніки [1]. ВЕЕО з часом не розкладаються, а накопичуються у навколишньому природному середовищі, забруднюючи його важкими металами та іншими токсичними речовинами [2].

Через велику шкоду довкіллю, яка може бути викликана неправильним поводженням з такими відходами, їх дослідження є актуальною задачею. 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.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У закордонних публікаціях, на відміну від українських, тема поводження з відходами електричного та електронного обладнання досліджується набагато ширше. Насамперед аналізують небезпечний вплив ВЕЕО на довкілля. Так, згідно [3–7] ВЕЕО здебільшого містять токсичні речовини (свинець, ртуть,

арсен та інші важкі метали), які можуть потрапляти у ґрунт і ґрунтові води. На звалищах у США 70% важких металів надходять із електронних відходів [8]. Крім того, пластик електронних відходів містить різні допоміжні речовини (пігменти, ретарданти, стабілізатори, пластифікатори) [9], які є джерелом багатьох токсичних речовин.

Незважаючи на те, що Європа та США раніше були відповідальні за більшість цих відходів, нині Китай, Латинська Америка та інші країни зі зростаючою економікою в сукупності генерують більше електронних відходів [10]. У ЄС, Японії, Південній 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.

## ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

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

## МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою цієї роботи є дослідження організаційних засад поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні.

## МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

У сфері поводження з відходами в Україні задіяний значний виробничий, науково-технічний, підприємницький потенціали. У цій сфері налічується понад

1500 підприємств, уже є деякі напрацювання технологічної бази. Оскільки законодавством України не передбачене ліцензування поводження з ВЕЕО, для проведення дослідження було проаналізовано перелік ліцензіатів на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами, сформований Міністерством екології та природних ресурсів України (остання дата оновлення – 14.08.2018) [14], адже багато ВЕЕО також відносяться до категорії небезпечних відходів (наприклад, люмінесцентні лампи, відпрацьовані хімічні джерела струму). Згідно законодавства України [15, 16] ліцензія видається на необмежений строк. Аналізувалися всі організації, які займаються поводженням із небезпечними відходами, тобто їх збиранням, перевезенням, зберіганням, обробленням (переробленням, сортуванням), утилізацією, видаленням, знешкодженням і захороненням.

Об'єктом дослідження є процеси поводження з ВЕЕО в Україні.

Предметом дослідження є характеристики процесів поводження з ВЕЕО, нормативно-правова база та економічні інструменти, які впливають на шляхи поводження з цими відходами.

### ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Спосіб поводження з ВЕЕО залежить від їх категорії, оскільки різні ВЕЕО містять різні речовини, в тому числі вторинні ресурси і небезпечні компоненти. У складі ВЕЕО переважають:

1. Велика побутова техніка.
2. Мала побутова техніка.
3. Засоби зв'язку та ІТ обладнання.
4. Споживчі товари.
5. Засоби освітлення.
6. Електронні та електричні засоби.

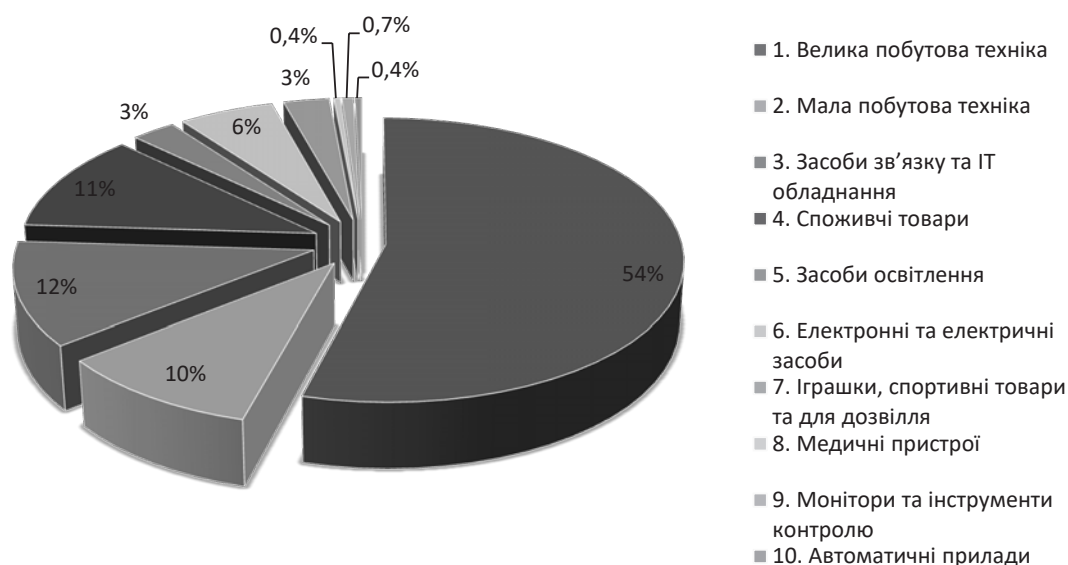


Рис. 1. Компонентний склад ВЕЕО в Україні

7. Іграшки, спортивні товари та товари для дозвілля.
8. Медичні пристрої.
9. Монітори та інструменти контролю.
10. Автоматичні прилади.

Компонентний склад ВЕЕО зображено на рисунку 1.

Головним компонентом ВЕЕО є пластик і вогнетривкі оксиди (по 30% за масою), а також сполуки міді (близько 20%) і сполуки заліза (близько 8%) (рисунок 2).

Нині в Україну із ЄС потрапляє значна частина ВЕЕО, в тому числі близько 14-18% – нелегально. У 2017 році згідно офіційної статистики в Україні було утворено 28 225,5 т ВЕЕО [17]. Узагальнюючи 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%.

Ці дані, ймовірно, є заниженими у зв'язку з відсутністю системи моніторингу за ВЕЕО у побутовому секторі. Це підтверджується і порохованим показником 0,7 кг ВЕЕО/рік на 1 людину, що значно менше, ніж в інших країнах. Якщо розглянути найсвіжіші статистичні дані (таблиця 1), то найбільше відходів утворюється у Китаї, але якщо перевести у відсоткове співвідношення, то лише 5,2 кг/людину, а от найбільше на 1 людину припадає у Німеччині – 22,8 кг.

Типові способи утилізації різних компонентів ВЕЕО наведені на рисунку 3.

Результати досліджень підприємств показують, що із 219 підприємств, які отримали ліцензію на

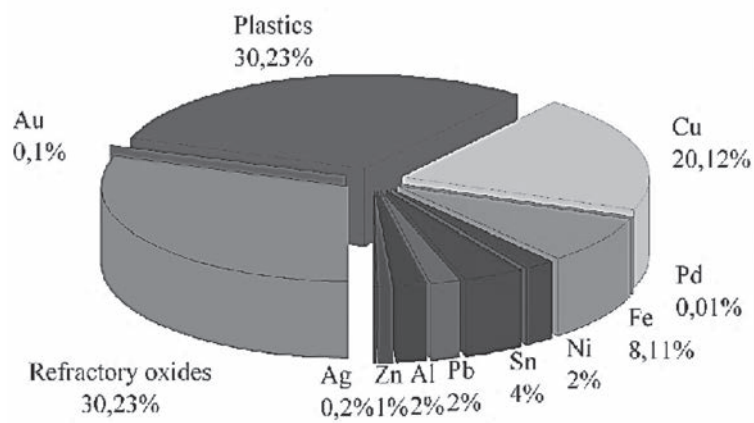


Рис. 2. Хімічний склад ВЕЕО

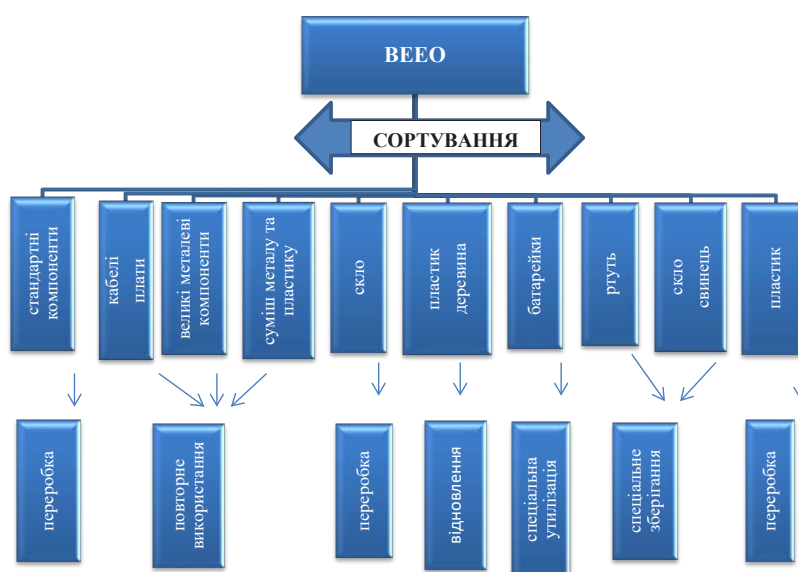


Рис. 3. Схема поводження з різними компонентами ВЕЕО

поводження з небезпечними відходами, 128 можуть працювати з окремими типами ВЕЕО, що містять у своєму складі небезпечні сполуки (батареї, люмінесцентні лампи тощо). Всі інші ВЕЕО не охоплені.

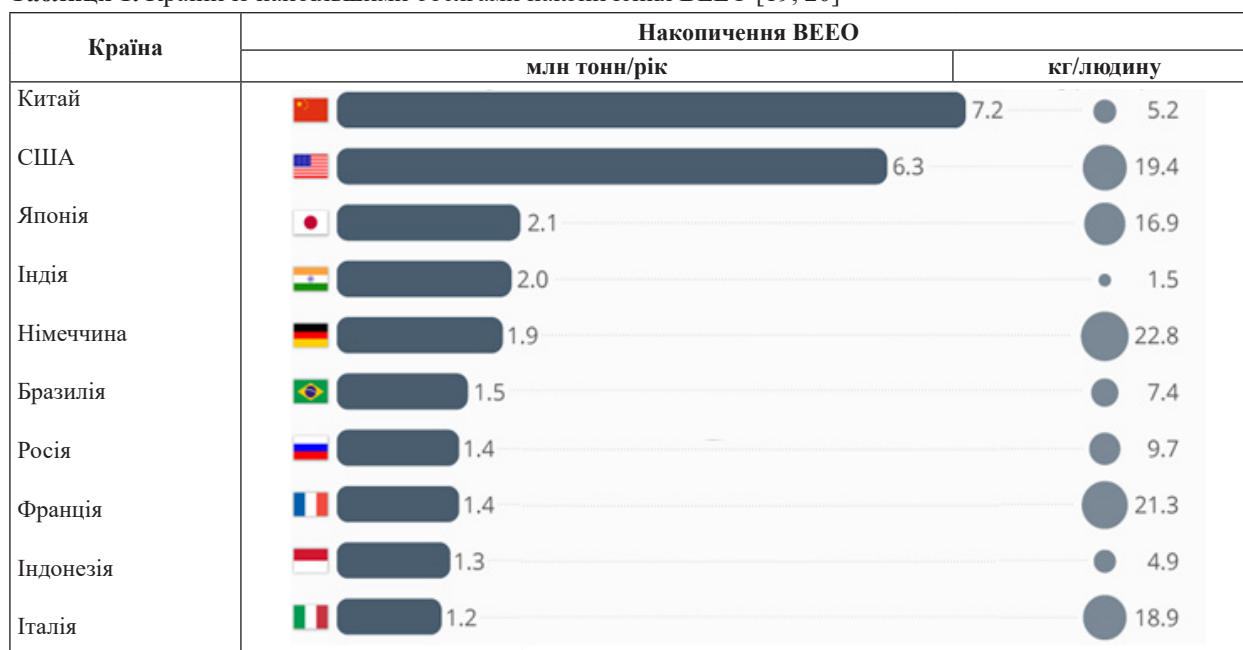
22 області України мають підприємства-ліцензіанти (таблиця 2), лише Волинська та Чернігівська області не мають жодного підприємства, яке б могло долучитися до поводження з ВЕЕО. 22 підприємства мають необхідні потужності та ліцензію для утилізації ВЕЕО, але лише 4 з них активно працюють (одне – у м. 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 брутт електричних та електронних вузлів, що містять акумуляторні або інші батареї.

### ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

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 налічується їх недостатня кількість (Волинська, Чернігівська, Рівненська, Закарпатська, Херсонська області). Цей факт, а також відсутність функціонуючої системи поводження з ВЕЕО призводять 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 у сфері поводження з електронними відходами. Крім того, лише невелика кількість цих організацій здійснюють ути-

Таблиця 1. Країни із найбільшими обсягами накопичення ВЕЕО [19, 20]



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

лізацію таких відходів. Більше того, значна частина ВЕЕО залишається неохопленою, що становить значну загрозу екологічній безпеці України.

Оскільки виключно повторне використання електронних відходів не є достатнім рішенням, то проблема електронних відходів з часом буде лише загострюватися. Запобігання утворенню електронних відходів, їх мінімізація, скорочення, повторне використання, рециркуляція і рекуперация ресурсів – усі ці питання вимагають відповідних термінових рішень [18].

Для того, щоб належним чином розв'язати цю проблему, потрібно дослідити процес поводження з електронними відходами. Для кращого розуміння алгоритму можливих дій було розроблено структурну схему, яка відображає поділ ВЕЕО на категорії та способи поводження з ними (рисунки 4).

Основною умовою для зменшення негативного впливу ВЕЕО на довкілля є їх роздільне збирання. Лише після виконання цієї умови можливі подальші операції. Його реалізація можлива за сприяння на державному рівні та затвердження необхідного законодавства. Потрібно посилити відповідальність за порушення екологічних норм і забезпечити всі необхідні умови населенню для роздільного збирання. Усі відомі способи оброблення ВЕЕО можливі лише після їх роздільного збирання, тому має бути налагоджена система пунктів їх прийому. Населення має бути проінформоване щодо можливих варіантів поводження з відходами, а також має розуміти, яка шкода завдається навколишньому середовищу, а в подальшому і їх здоров'ю, якщо ВЕЕО належним чином не утилізовані.

Головним завданням системи поводження з ВЕЕО є забезпечення їх збирання, оброблення на

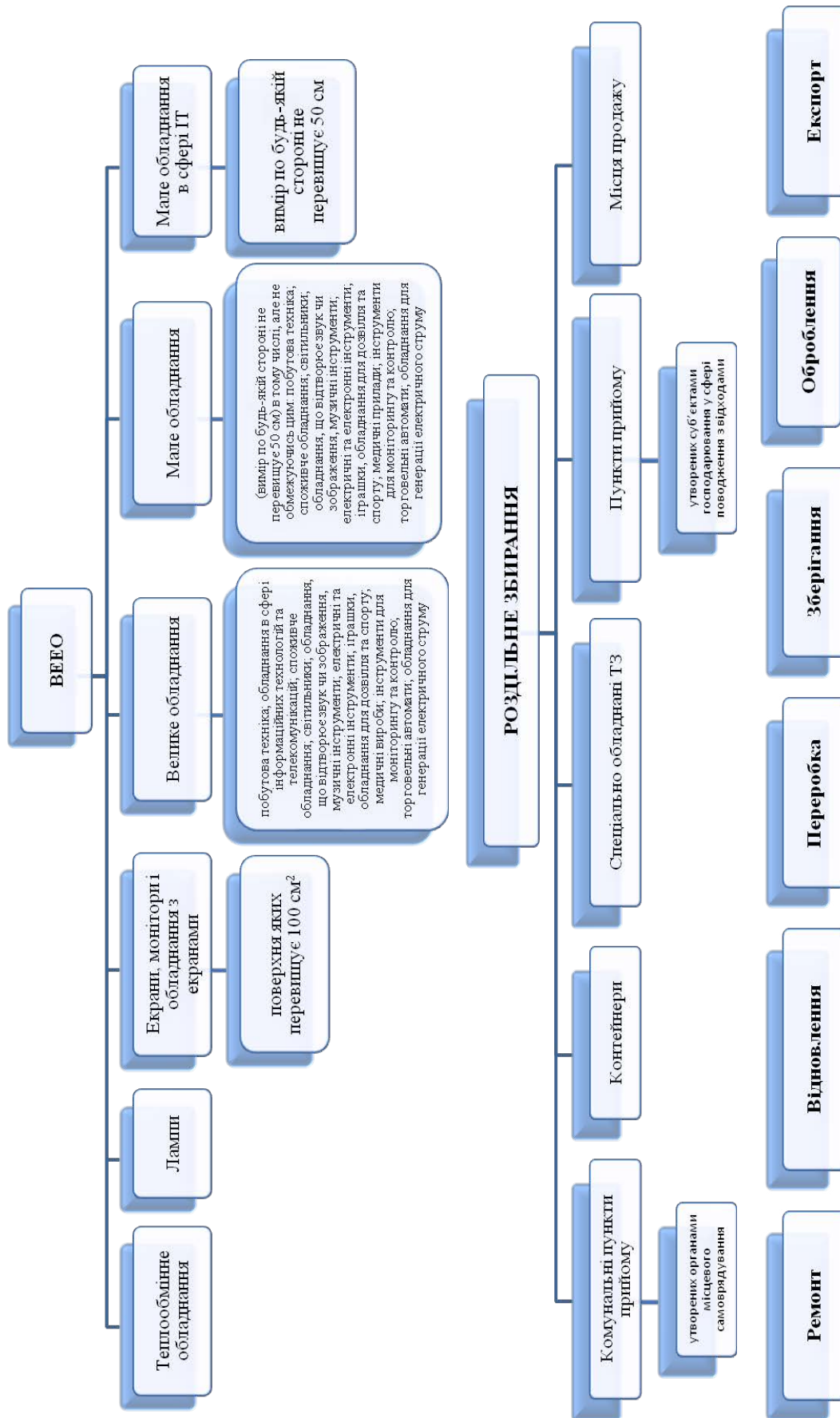


Рис. 4. Структурна схема поводження з БЕО

спеціалізованих підприємствах, знешкодження, вилучення цінної вторинної сировини та зменшення негативного впливу на довкілля через мінімізацію захоронення компонентів, які не підлягають утилізації.

Проведений аналіз ВЕЕО дозволив виділити основні аспекти поводження з ними та розробити відповідну структурну схему. В ході роботи було визначено основні етапи алгоритму:

1. Аналіз стану обладнання, яке планується викинути (власником).
2. Розподіл його до відповідного місця зберігання (пункту прийому чи місця продажу).
3. Оцінка в пункті прийому та перерозподіл на повторне використання (відновлення), експорт чи розбір (видалення цінних частин і деталей).
4. Утилізація (знищення або захоронення).

### ВИСНОВКИ

Поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні перебуває поки що у примітивному стані. Відсутня відповідна законодав-

ча та інфраструктурна база. 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 утворюватися. Тому Україні потрібне прийняття відповідного законодавства на загальнодержавному рівні, а також сприяння та контроль за поводженням із ВЕЕО підприємствами. Необхідним завданням сьогодення є інформування населення про величезну шкоду від неправильної утилізації пристроїв щоденного вжитку. Потрібно створювати пункти прийому ВЕЕО і, для початку, хоча б не допустити їх накопичення на сміттєзвалищах.

Дотримуючись необхідних вимог, можна налагодити систему поводження з ВЕЕО та зменшити навантаження на довкілля. В кінцевому результаті можна буде не тільки отримати додаткові кошти із вилученої сировини чи повторно використаного обладнання, а й покращити екологічну ситуацію, попередивши потрапляння небезпечних компонентів із ВЕЕО до навколишнього середовища.

### REFERENCES

- [1] Hlavatska L., Ishchenko V. (2018). Povodzhennia z vidkhodamy elektronnoho ta elektrychnoho obladnannia u Vinnytskii oblasti. Zbirnyk materialiv 5 Mizhnarodnoho konhresu "Zakhyst navkolyshnoho seredovyscha. Enerhooshchadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia", Lviv, September 26-29, 2018, p. 74 [in Ukrainian].
- [2] Lee J.C., Song H.T., Yoo J.M. (2007). Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 50(4), p. 380–397. DOI: 10.1016/j.resconrec.2007.01.010.
- [3] Bigum M., Petersen C., Christensen T., Scheutz C. (2013). WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste. *Waste Management*, vol. 33(11), p. 2372–2380. DOI: 10.1016/j.wasman.2013.05.019.
- [4] Salhofer S., Tesar M. (2011). Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria. *Journal of hazardous materials*, vol. 186(2-3), p. 1481–1488. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.030.
- [5] Oguchi M., Sakanakura H., Terazono A. (2013). Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. *Science of the total environment*, vol. 463, p. 1124–1132. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.078.
- [6] Morf L.S., Tremp J., Gloor R., Huber Y., Stengele M., Zennegg M. (2005). Brominated flame retardants in waste electrical and electronic equipment: substance flows in a recycling plant. *Environmental science & technology*, vol. 39(22), p. 8691–8699. DOI: 10.1021/es051170k.
- [7] Wäger P.A., Hischier R., Eugster M. (2011). Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A follow-up. *Science of the Total Environment*, vol. 409(10), p. 1746–1756. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.050.
- [8] Lee D., Offenhuber D., Duarte F., Biderman A., Ratti C. (2018). Monitour: Tracking global routes of electronic waste. *Waste Management*, vol. 72, p. 362–370, 2018. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.11.014.
- [9] Dimitrakakis E., Janz A., Bilitewski B., Gidaracos E. (2009). Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials, USA*, vol. 161/issue 2-3, p. 913–919. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.04.054.
- [10] Gregory J.R., Kirchain R.E. (2007). A comparison of North American electronics recycling systems. *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, p. 227–232. DOI: 10.1109/ISEE.2007.369399.
- [11] Kahhat R., Kim J., Xu M., Allenby B., Williams E., Zhang P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52(7), p. 955–964. DOI: 10.1016/j.resconrec.2008.03.002.
- [12] Bernstad A., Jansen J.I.C., Aspegren H. (2011). Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment – A Swedish case study. *Waste Management, USA*, vol. 31/issue 3, p. 536–543. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.09.011.
- [13] Litsenziynyi reiestr (povodzhennia z nebezpechnymy vidkhodamy). URL: <https://menr.gov.ua/content/perelik-licenziativ-na-provadhennya-gospodarskoi-diyalnosti-z-povodzhennya-z-nebezpechnimi-vidhodami.html> [in Ukrainian].
- [14] Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 lypnia 2016 r. № 446 "Pro zatverdzhennia Litsenziinykh umov provadhennia hospodarskoi diialnosti z povodzhennia z nebezpechnymy vidkhodamy" [in Ukrainian].
- [15] Zakon Ukrainy "Pro litsenzuvannia vydiv hospodarskoi diialnosti" (Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2015, № 23, p. 158) [in Ukrainian].

- [16] Ishchenko V., Pohrebennyk V., Kochanek A., Hlavatska L. (2019). Waste electrical and electronic equipment management in Ukraine. *Proceedings of International Conference on Geosciences*, March 26-29, 2019, Athens, Greece, Book 3, Vol. 1, p. 197–204. DOI: 10.32008/GEOLINKS2019/B3/V1/23.
- [17] Shulaeva Yu. (2009). Instrumentarii mekhanizmov effektivnogo upravleniia elektronnyimi otkhodami. *Zbirnyk naukovykh prats "Problemy i perspektivy rozvytku bankivskoi systemy Ukrainy"*, Sumy : Vydavnytstvo Derzhavnoho vyshchoho navchalnoho zakladu "Ukrainska akademiia bankivskoi spravy Natsionalnoho banku Ukrainy", No 25., p. 282–293 [in Russian].
- [18] Repetsky D., Ishchenko V. (2017). Utylizatsiia vidkhodiv elektrychnoho ta elektronnoho obladnannia // *Materialy XLVI Naukovo-tekhnicnoi konferentsii VNTU, Vinnytsia*, March 30-31, 2017. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2017/paper/view/3252/2695> [in Ukrainian].
- [19] Parajuly K., Habib K., Liu G. (2017). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Denmark: Flows, quantities and management. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, p. 85–92. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.08.004.
- [20] Mihai F.C., Gnani M.G., Meidiana C., Ezeah C., Elia V. (2019). Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management – A Global Scenario. In *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (p. 1–34). Butterworth-Heinemann. DOI: 10.1016/B978-0-12-816190-6.00001-7.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Главацька Л.Ю., Іщенко В.А. (2018). Поводження з відходами електронного та електричного обладнання у Вінницькій області. *Збірник матеріалів 5 Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування»*, м. Львів, 26-29.09.2018. С. 74.
- [2] Lee J.C., Song H.T., Yoo J.M. (2007). Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 50(4), p. 380–397. DOI: 10.1016/j.resconrec.2007.01.010.
- [3] Bigum M., Petersen C., Christensen T., Scheutz C. (2013). WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste. *Waste Management*, vol. 33(11), p. 2372–2380. DOI: 10.1016/j.wasman.2013.05.019.
- [4] Salhofer S., Tesar M. (2011). Assessment of removal of components containing hazardous substances from small WEEE in Austria. *Journal of hazardous materials*, vol. 186(2-3), p. 1481–1488. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.030.
- [5] Oguchi M., Sakanakura H., Terazono A. (2013). Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. *Science of the total environment*, vol. 463, p. 1124–1132. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.078.
- [6] Morf L.S., Tremp J., Gloor R., Huber Y., Stengele M., Zennegg M. (2005). Brominated flame retardants in waste electrical and electronic equipment: substance flows in a recycling plant. *Environmental science & technology*, vol. 39(22), p. 8691–8699. DOI: 10.1021/es051170k.
- [7] Wäger P.A., Hischer R., Eugster M. (2011). Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A follow-up. *Science of the Total Environment*, vol. 409(10), p. 1746–1756. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.01.050.
- [8] Lee D., Offenhuber D., Duarte F., Biderman A., Ratti C. (2018). Monitor: Tracking global routes of electronic waste. *Waste Management*, vol. 72, p. 362–370, 2018. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.11.014.
- [9] Dimitrakakis E., Janz A., Bilitewski B., Gidaracos E. (2009). Small WEEE: Determining recyclables and hazardous substances in plastics. *Journal of Hazardous Materials, USA*, vol. 161/issue 2-3, p. 913–919. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.04.054.
- [10] Gregory J.R., Kirchain R.E. (2007). A comparison of North American electronics recycling systems. *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, p. 227–232. DOI: 10.1109/ISEE.2007.369399.
- [11] Kahhat R., Kim J., Xu M., Allenby B., Williams E., Zhang P. (2008). Exploring e-waste management systems in the United States. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 52(7), p. 955–964. DOI: 10.1016/j.resconrec.2008.03.002.
- [12] Bernstad A., Jansen J.I.C., Aspegren H. (2011). Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic equipment – A Swedish case study. *Waste Management, USA*, vol. 31/issue 3, p. 536–543. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.09.011.
- [13] Ліцензійний реєстр (поводження з небезпечними відходами). URL: <https://menr.gov.ua/content/perelik-licenziativ-na-provazhennya-gospodarskoi-diyalnosti-z-povodzheniya-z-nebezpechnimi-vidhodami.html>.
- [14] Постанова Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 року № 446 «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з поводження із небезпечними відходами».
- [15] Закон України «Про ліцензування видів господарської діяльності». *Відомості Верховної Ради України*, 2015, № 23, с. 158.
- [16] Ishchenko V., Pohrebennyk V., Kochanek A., Hlavatska L. (2019). Waste electrical and electronic equipment management in Ukraine. *Proceedings of International Conference on Geosciences*, March 26-29, 2019, Athens, Greece, Book 3, Vol. 1, p. 197–204. DOI: 10.32008/GEOLINKS2019/B3/V1/23.
- [17] Шулаєва Ю.Е. (2009) Инструментарий механизмов эффективного управления электронными отходами. *Зб. наук. праць «Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України»*. Суми : Видавництво Державного вищого навчального закладу «Українська академія банківської справи Національного банку України», 2009. № 25. С. 282–293.
- [18] Репецький Д.С., Іщенко В.А. (2017) Утилізація відходів електричного та електронного обладнання. *Матеріали XLVI Науково-технічної конференції ВНТУ*, м. Вінниця, 30-31 березня 2017 року. Електрон. текст. дані. 2017. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2017/paper/view/3252/2695>.



- [19] Parajuly K., Habib K., Liu G. (2017). Waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Denmark: Flows, quantities and management. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, p. 85–92. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.08.004.
- [20] Mihai F.C., Gnoni M.G., Meidiana C., Ezeah C., Elia V. (2019). Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): Flows, Quantities, and Management – A Global Scenario. In *Electronic Waste Management and Treatment Technology* (p. 1–34). Butterworth-Heinemann. DOI: 10.1016/B978-0-12-816190-6.00001-7.

---

© Л. Ю. Главацька, В. А. Іщенко, В. Г. Петрук  
Дата надходження статті до редакції: 10.09.2020  
Дата затвердження статті до друку: 24.09.2020