

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Проаналізовано методи утилізації відходів електричного та електронного обладнання, що дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.*

**Ключові слова:** утилізація, відходи електричного та електронного обладнання, демонтаж, спалювання, плавлення.

### Abstract

*The recycling methods for waste of electrical and electronic equipment are analyzed, that conduces to reduce an impact on the environment.*

**Keywords:** recycling, waste of electrical and electronic equipment, dismantling, burning, melting

### Вступ

Відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) – відносно новий тип відходів. Тому їх утилізація є актуальною задачею. ВЕЕО не переробляються у довіклілі, їх також не можна спалювати, так як у багатьох компонентах присутні важкі метали та токсичні речовини, для їх переробки потрібні спеціальні технології. Звичайний персональний комп'ютер складається як з цінних металів – міді, срібла і золота, так і з небезпечних компонентів – сполук кадмію, свинцю, цинку, нікелю, ртуті. Крім того, ВЕЕО містять пластмаси, індикатори, монітори на рідких кристалах, батареї [1–4] – всього понад 90 компонентів. Таким чином, всебічний аналіз методів утилізації ВЕЕО є необхідним для збереження природних ресурсів та зменшення забруднення довкілля.

### Аналіз методів утилізації ВЕЕО

При утилізації ВЕЕО розглядаються дві категорії: утилізація компонентів та утилізація матеріалів. Є декілька методів утилізації цих відходів: демонтаж, механічний метод, гідрометалургійний метод, піролітична обробка.

Демонтаж є невід'ємною операцією утилізації електронних відходів. Він проводиться на декількох рівнях для відновлення компонентів з бракованої продукції або виробленої в надмірній кількості для повторного використання або заміни; або спеціальними підрядниками, що виконують цю функцію для виробника; або фірмами з рециркуляції або з демонтажу для повторного продажу на ринку вторинних матеріалів. Практично всі операції демонтажу виконуються вручну, що саме по собі накладає обмеження на цю операцію із-за витрат на трудовитрати.

Механічний метод. Основною перевагою механічного методу є сухий режим роботи без використання яких-небудь хімічних речовин, тоді як застосування «мокрих» процесів з використанням хімічних реагентів створює небезпеку для навколишнього середовища. В даний час серійно випускаються системи механічної переробки для утилізації різноманітних матеріалів електронних відходів і включають такі етапи [5]:

1. Первинне подрібнення великих фракцій за допомогою подрібнювача з обертовими ножами різноманітного застосування.

2. Відділення великих фракцій чорних металів за допомогою сильних магнітів, розташованих над вібруючим конвеєром.

3. Подрібнення в порошок – під час цього процесу відходи перетворюються на порошок в шаровому млині, в якому використовуються шароподібні елементи, стійкі до стирання.

4. Просіювання з використанням сит, що самоочищаються.

5. Електростатичне розділення, що дозволяє фактично завершити розділення металевих фракцій шляхом рециркуляції фракцій часток середнього розміру.

6. Подальше зменшення розміру, що є вторинним подрібненням в порошок, для зменшення розміру великих часток.

Гідрометалургійні методи традиційно застосовуються для відновлення золота з контактних поверхонь роз'ємів. Золото вивільняється або у вигляді металевих лусочок за допомогою розчинення в кислоті мідних підкладок, або за допомогою розчинення золота в розчинах на основі ціаніду або тіомочевини, з подальшим електролітичним осадженням або хімічним заміщенням з використанням цинку. Були також проведені дослідження [5] можливості використання розбавлених неорганічних кислот у поєднанні з подальшими технологіями відновлення металів методами концентраційного розділення, екстракції, іонного обміну тощо. Розроблений ряд гідрометалургійних методів та дослідних установок переробки відходів показали можливість отримання прибутку в процесі переробки ВЕЕО приблизно 200 дол. США за тонну, без врахування вартості утилізованих дорогоцінних металів. Необхідно відзначити, що гідрометалургійний підхід є хорошою альтернативою переплавці відходів, а також дає можливість отримати більш високий вихід відновлених металів.

Піролітична обробка зазвичай включає спалювання та плавлення подрібненої сировини при температурі приблизно 1200°C. Для цього потрібна невелика кількість викопного палива, оскільки більша частина енергії забезпечується за рахунок згорання органічних компонентів. При цій температурі згорають органічні складові відходів, а утворені гази спрямовуються в камеру допалювання з температурою 1400°C. Конгломерат, що залишається від спалювання, називається «чорним металом». Цей продукт, як правило, багатий на мідь. При подальшому електролітичному очищенні та хімічній обробці анодного осаду відділяють мідь та інші компоненти, наприклад, дорогоцінні метали. Нові технології утилізації ВЕЕО дозволяють їх не спалювати, а переробляти у готові вироби.

## Висновки

Аналіз методів утилізації відходів електричного та обладнання показав, що всі вони мають переважну сферу свого застосування. Окремо взятий метод має переваги перед іншими лише за певними показниками. Тому вибір методу утилізації ВЕЕО залежить від типу відходів і мети утилізації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ishchenko V., Pohrebennyk V., Kozak Y., Kochanek A., Politylo R. Assessment of batteries influence on living organisms by bioindication method. 16th International Multidisciplinary Geoconference SGEM 2016. Book 5. Ecology, Economics, Education and Legislation. SGEM2016 Conference Proceedings, June 28 – July 6, 2016, vol. II, pp. 85–92.
2. V. Petruk, F. Stalder, V. Ishchenko, and others. Household waste management. The European experience. – Vinnytsia: Nilan-Ltd., 2016. – 184 p.
3. Ishchenko V., Petruk R., Kozak Y. Hazardous household waste management in Vinnytsia region. Environmental Problems 1 (2016), vol. 1, pp. 27–30.
4. В. А. Іщенко. Поводження з небезпечними компонентами побутових відходів у Вінницькій області // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, м. Вінниця, 23-24 березня 2016 р. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2016/paper/view/1055>.
5. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення / Під заг. ред. О. М. Цигульової. – К. : ВЕГО «МАМА-86», 2013. – 172 с.

**Репецький Дмитро Сергійович** – студент інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Іщенко Віталій Анатолійович** – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри екології та екологічної безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua

**Repetskyi Dmytro S.** – student of the Institute of Environmental Safety and Monitoring, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

**Ishchenko Vitalii A.** – Ph.D., Head of the Department of Ecology and Environmental Safety, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua