

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра екологічного права і контролю

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ ENVIRONMENTAL ASPECTS OF MANAGEMENT OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT IN UKRAINE

Виконав: здобувач заочної форми навчання
спеціальності 101 «Екологія»

Освітньо-професійна програма Екологія, охорона
навколишнього середовища та збалансоване
природокористування

Федоров Данило

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник старший викладач Гарабазій Т.А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент старший викладач Грабко Н.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
екологічного права і контролю
№ 9 від 28.05. 2025 р.

Завідувач кафедри
Олексій БУРГАЗ
(підпис) (прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 1
протокол № __ від ____ . ____ . 2025 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

Олена НІКІПЕЛОВА
(підпис) (прізвище, ім'я)

Одеса 2025

АНОТАЦІЯ

Екологічні аспекти управління відходами електричного та електронного обладнання в Україні

Федоров Данило

Актуальність теми дослідження. Проблема накопичення відпрацьованого електронного обладнання в останні роки стала однією з головних екологічних проблем у всьому світі та вимагає найскорішого вирішення. Якщо не переробляти належним чином таку величезну кількість відходів, це може привести до різних шкідливих впливів на біотичні, а також абіотичні компоненти екосистеми. Поводження з відходами вимагає екологічно безпечної утилізації. Для рентабельного вилучення повторно використовуваних матеріалів і стійкості навколишнього середовища, екологічно безпечна утилізація цих відходів просто незамінна, і розглядається як виклик для сьогоденного суспільства.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розгляд екологічних проблем, що виникають при надходженні та накопиченні відходів електронного та електричного обладнання, їх трансформації в довкіллі та методи їх переробки.

Об'єкт дослідження – вплив відходів електронного та електричного обладнання на довкілля та здоров'я людини.

Метод дослідження – аналіз законодавчих та нормативних правових актів, аналіз літературних джерел стосовно захисту довкілля від впливу відходів електронного та електричного обладнання, впливу їх на навколишнє середовище та впливу продуктів трансформації полімерів на здоров'я людини; показники статистичних досліджень Державної служби статистики України.

Структура і обсяг роботи: робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків та переліку посилань (26 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 64 сторінки.

Ключові слова: **електронне та електричне обладнання, відходи, утилізація відходів, вплив на довкілля, вплив на здоров'я людини.**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ.....	6
2 НОРМАТИВНО - ПРАВОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ.....	13
2.1 Закон України «Про управління відходами».....	14
2.2 Директива 2002/96/ЄС щодо відходів електричного та електронного обладнання.....	15
2.3. Проект Закону України «Про електричне та електронне обладнання та відходи електричного та електронного обладнання».....	20
3 ПРОБЛЕМИ І НАПРЯМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ.....	23
3.1 Характеристика відходів електричного та електронного обладнання як забруднювачів довкілля.....	23
3.2 Поточний стан поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні.....	29
3.3 Розширена відповідальність виробника (РВВ).....	31
4 РОЗРАХУНКИ ВАРТОСТІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЦІЛЬОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЩОДО УТВОРЕННЯ, ПІДГОТОВКИ ДО ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ, ПЕРЕРОБКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВЕЕО.....	34
4.1 Оцінка обсягів дорогоцінних металів у ВЕЕО (в середньому на 100 домогосподарств).....	34
4.2 Розрахунок мінімальних цільових показників.....	44
5 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ.....	48
5.1 Захоронення на полігонах.....	49
5.2 Термічний метод.....	50
5.3 Відновлення ВЕЕО з використанням цінних складових елементів.....	51
5.3.1 Демонтаж.....	51
5.3.2 Механічний метод.....	53
5.3.3 Гідрометалургійний метод.....	54
5.3.4 Піролітична обробка.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ВЕЕО – відходи електричного та електронного обладнання;
ЕЕО – електричне та електронне обладнання;
ЕРА – Агентство з охорони навколишнього середовища США;
ЄС – Європейський Союз;
ЗУ–Закон України;
ІТ– інформаційні технології;
КВЕД – Класифікатор видів економічної діяльності;
КМ України – Кабінет Міністрів України;
Міндовкілля–Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України;
РВВ – розширена відповідальність виробника;
СОЗ – стійкі органічні забруднювачі;
ТПВ – тверді побутові відходи;
ХДС– хімічні джерела струму.

ВСТУП

У сучасних реаліях використання електричного та електронного обладнання досягло надзвичайно високого рівня, а його швидке моральне й технічне зношення спричинило накопичення значних обсягів електронних відходів. За останні роки проблема утилізації відпрацьованої електроніки набула глобального масштабу й вважається однією з найактуальніших екологічних загроз.

Відсутність належної переробки величезних обсягів електронних відходів може призвести до серйозного негативного впливу як на живу природу, так і на неживі компоненти екосистем. Ефективне управління такими відходами вимагає екологічно безпечного підходу до їх знешкодження та вдосконалення існуючих механізмів утилізації.

В Україні, на жаль, питання екологічного проектування електротехнічної продукції практично не розробляється. Як наслідок, на ринку з'являються вироби, для переробки яких необхідне залучення складних технологічних процесів і спеціалізованого обладнання.

Неправильно утилізовані або зовсім не перероблені електронні відходи становлять потенційну загрозу довкіллю. У багатьох країнах світу такі відходи вивозять на звичайні сміттєзвалища без попередньої обробки чи знезараження, що часто зумовлено недостатніми екологічними вимогами або високою вартістю переробки. У результаті це призводить до забруднення ґрунтів та проникнення токсичних речовин у ґрунтові води. Вирішення проблеми електронних відходів має важливе значення не лише з позиції поводження з небезпечними матеріалами, а й у контексті відновлення корисних ресурсів. Однак процес утилізації значно ускладнюється через складну й неоднорідну структуру відходів, що ускладнює їх сортування та обробку.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження екологічних аспектів системи управління електронними та електричними відходами в Україні.

1 ГЛОБАЛЬНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Електричне та електронне обладнання (ЕЕО) – це пристрої, які для своєї функціональної роботи потребують електричного струму або електромагнітного поля. До цієї категорії також належить обладнання, що використовується для генерації, передавання або вимірювання електричних струмів і полів, і яке призначене для експлуатації при номінальній напрузі до 1000 вольт змінного струму або до 1500 вольт постійного струму. Таке обладнання може живитися як від мережі, так і від акумуляторів, батарей чи батарейок.

Проблема формування та безпечного поводження з відходами, що утворюються внаслідок виробництва та використання ЕЕО, набуває дедалі більшого значення. Це пояснюється як ускладненням складу таких відходів, так і збільшенням кількості багатокomпонентних виробів у їх структурі.

Значний вплив на ситуацію мають інтенсивний розвиток технологій, споживацька поведінка, активні маркетингові кампанії, свідоме зменшення строку служби електроніки задля стимулювання продажів, а також стрімке зростання попиту на сучасні технічні пристрої. Усе це спричинило стрімке зростання кількості електронного та електричного обладнання у світовому масштабі.

За даними звіту «Глобальний моніторинг електронних відходів 2024 року», який був оприлюднений 20 березня 2024 року, проблема накопичення електронного сміття дедалі загострюється, і водночас спостерігається низька ефективність систем його офіційної переробки. У 2022 році людство створило рекордну кількість електронних відходів — 62 мільйони тонн, що еквівалентно 7,8 кг на людину щороку.

Щоб краще усвідомити масштаби цієї загрози, автори звіту зазначають, що така маса електронного сміття дорівнює вантажу 1,55 мільйона 40-тонних

вантажівок. У порівнянні з даними звіту 2020 року, де вказувалося на 53,6 мільйона тонн електронних відходів у 2019 році (в середньому 7,3 кг на одну особу), спостерігається чітка тенденція до зростання обсягів цієї категорії відходів, що підкреслює нагальність вжиття рішучих заходів.

Особливо значною є частка Азії в цьому процесі — на цей регіон припадає 30 мільйонів тонн електронного сміття, тобто 6,6 кг на особу, з яких 400 тисяч тонн було утворено в країнах Центральної Азії[1].

Згідно з прогнозом аналітичної платформи Statista, до 2030 року обсяги електронних та електричних відходів у світі можуть досягти 82 мільйонів тонн, що свідчить про критичну потребу реформ у сфері поводження з ЕЕО[2].

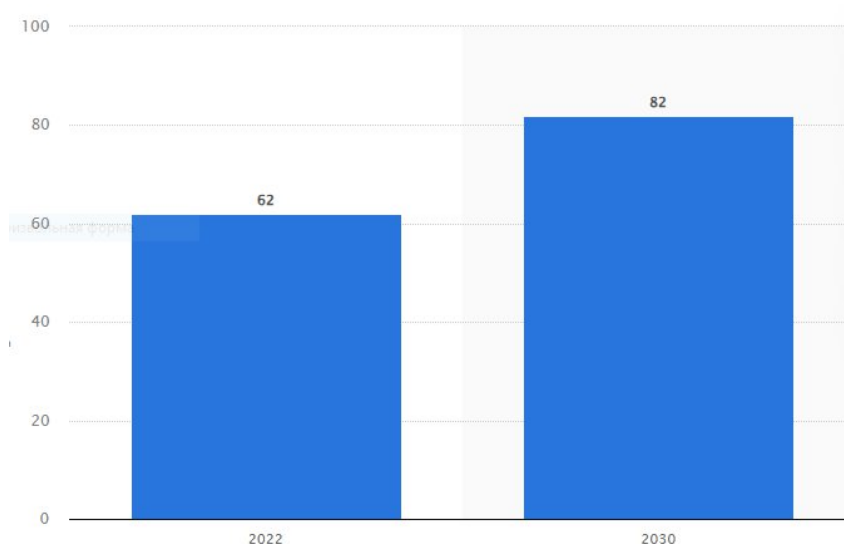


Рисунок 1 – Утворення електронних відходів у всьому світі у 2022 році з прогнозом на 2030 рік(у мільйонах метричних тонн).

Значне зростання кількості комп'ютерів та інших електронних пристроїв, що активно використовуються, а також скорочення строку служби побутової електроніки, спричинили посилене занепокоєння щодо належної утилізації виведених з експлуатації електронних виробів. Це зумовлено тим, що такі відходи практично не розкладаються в природних умовах і містять небезпечні токсичні речовини.

На сьогодні Китай є одним із провідних виробників відходів електронного та електричного обладнання (ВЕЕО), утворюючи близько 2,3 мільйона тонн таких відходів щорічно, поступаючись лише США. Незважаючи на чинну заборону імпорту електронного сміття, країна досі виконує роль одного з головних пунктів збору подібних відходів, які надходять з розвинених держав. За оцінками, приблизно 75 % електронного сміття з Європейського Союзу та до 80 % зі Сполучених Штатів Америки вивозиться до країн, що розвиваються, збільшуючи навантаження на і без того вразливе довкілля цих регіонів.

Згідно з інформацією Агентства з охорони навколишнього середовища США (ЕРА), лише 15–20 % відпрацьованої електроніки підлягає повторному використанню. Решта — або захоронюється на звалищах разом з побутовим сміттям, або спалюється, хоча значна частина таких відходів містить ресурсоцінні матеріали, придатні для вторинного використання (через ремонт, розбір або переробку).

Електронне обладнання, що викидається у побутове сміття або на несанкціоновані звалища, становить серйозну небезпеку для довкілля. Неналежне поводження з ВЕЕО спричиняє забруднення водних ресурсів, ґрунтів та повітря. У свою чергу, це призводить до потрапляння шкідливих речовин в організм людини, викликаючи тяжкі хвороби і навіть генетичні порушення. Наприклад, у місцях накопичення електронного сміття, яке часто змішується з твердими побутовими відходами, вміст важких металів у ґрунті значно перевищує допустимі норми. Звідти ці метали можуть проникати в підземні води або з дощовими водами потрапляти у річки та водойми, зокрема ті, що використовуються для питного водопостачання. Наприклад, усього один грам ртуті, що потрапив у природу, здатний забруднити понад 3,3 мільйона м² повітря, а одна пальчикова батарейка — до 20 м² ґрунту або 400 літрів води.

Основними компонентами відходів електронного обладнання в Україні є пластик (близько 30 %), мідь (20 %) і залізо (8 %). Щорічно в країні утворюється орієнтовно 28 тисяч тонн ВЕЕО, серед яких технологічне

обладнання становить 60 %, акумулятори й батареї — 21 %, побутова й офісна техніка — 13 %, компоненти електрообладнання — 4 %, а люмінесцентні лампи — 2 %. Процес утилізації ВЕЕО супроводжується значними ризиками як для здоров'я людей, так і для стану навколишнього середовища (див. табл. 1.1).

Таблиця 1 . 1–Процеси переробки ВЕЕО і зв'язана з ними небезпека для людини та навколишнього середовища

Деталі ВЕЕО	Процеси переробки	Ризики для людини , включаючи професійні захворювання	Екологічна небезпека
Електронно-променева трубка	Розтин, видалення мідної котушки, розміщення відходів на звалищах	Силікоз, порізи, вдихання або отруєння парами ртуті, фосфором, калієм і іншими важкими металами	Вилуговування барію, свинцю та інших важких металів в ґрунтові води; викид в атмосферу Токсичних речовин
Друкована плата	Відкрите спалювання відходів друкованих плат з метою вилучення металів	Токсичне ураження працівників і мешканців прилеглих районів оловом, свинцем, бромовані діоксинами, берилієм, кадмієм і парами ртуті, Подразнення дихальних шляхів	Забруднення прилеглої території, в тому числі ґрунту і ґрунтових вод свинцем і оловом; Викиди в атмосферу бромованих діоксинів, берилію, кадмію і парів ртуті
Чіпи та інші компоненти, що містять золото і платину	Хімічна зачіска з використанням азотної і соляної кислот	Контакт кислот зі шкірою та очима може привести до серйозних травм; вдихання туманів і парів кислот хлору і діоксиду сірки може викликати подразнення дихальних шляхів, набряк легенів, порушення кровообігу	Вуглеводні, важкі метали, бромовані компоненти скидаються безпосередньо в річки і яри; підвищується кислотність річок, що призводить до загибелі флори і фауни водою

Продовження таблиці 1.1

Деталі ВЕЕО	Процеси переробки	Ризики для людини , включаючи професійні захворювання	Екологічна небезпека
Комп'ютерні дроти	Відкрите спалювання для отримання міді	Отруєння людей, які працюють і проживають поблизу місць спалювання	Пил, що містить поліароматичні вуглеводні потрапляє на землю, у воду і повітря, викликаючи забруднення цих середовищ
Неоднорідні комп'ютерні частини, ув'язнені в гумі і пластмасі (металі інші)	Відкрите спалювання для отримання сталі та інших металів	Відходів канцерогенними речовинами – бромованими і хлорованими діоксинами	
Вторинні сталі, мідь і цінні метали плавки	Відновлюють в печах сталі або міді з відходів	Отруєння діоксинами важкими металами	Викиди в атмосферу діоксинів і важких металів

Екологічно безпечна переробка електронних відходів є надзвичайно витратним процесом. На етапах демонтажу та сортування ВЕЕО співвідношення ручної й механізованої праці становить приблизно 50 на 50. Багато підприємств, які займаються утилізацією електронного обладнання, не здійснюють його попереднього розбирання, а одразу подрібнюють пристрої, зосереджуючись на вилученні найцінніших елементів, залишаючи решту непридатних матеріалів напризволяще. Як наслідок, шкідливі та небезпечні речовини, присутні в електронному смітті, потрапляють у довкілля, а згодом — через харчові ланцюги — можуть проникати й в організм людини. Здоров'я працівників, залучених до таких процесів, також опиняється під серйозною загрозою.

За підрахунками, лише протягом одного року на території України електронні відходи спричиняють потрапляння в атмосферу та ґрунтові води понад 40 кг ртуті, 160 кг кадмію, 400 тонн різних металів і 260 тонн сполук

марганцю. У середовищі сміттєзвалищ, насиченому різноманітними хімічними речовинами, ці елементи здатні вступати в неконтрольовані реакції, утворюючи небезпечні активні сполуки з непередбачуваними властивостями.

Окрім екологічної загрози, значної уваги потребує й питання втрати ресурсів. Відходи, зокрема електронні, можуть виступати як вторинна сировина або джерело енергії. Ігнорування потенціалу електронних відходів як ресурсоцінного матеріалу можна розцінювати як марнотратне ставлення, що суперечить принципам сталого розвитку суспільства.

В таблиці 1.2 подано орієнтовну реальну вартість типових електронних відходів, що ілюструє економічну доцільність їх повторного використання. Основні висновки з аналізу наведені нижче:

- до 90 % вартості плат формується за рахунок вмісту дорогоцінних металів, передусім золота й паладію;
- витрати на переплавлення в комерційних умовах зазвичай становлять 92–98 % від вартості вилучених дорогоцінних компонентів;
- стандартна плата за переплавлення, що стягується компаніями, коливається в межах £400–1000 за тону, включаючи витрати на збирання й транспортування відходів [3].

Таблиця 1.2 – Зразкова дійсна вартість типових відходів електроніки

Компонент	Вага,%	Вартість, £ за 1 кг	Дійсна вартість, £ за 1 кг	Дійсна вартість,%	Вартість після переплавлення Впечі,%
1	2	3	4	5	6
Золото	0.025	6500	1.63	59.4	98
Палладій	0.01	8000	0.8	29.2	92
Срібло	0.1	70	0.07		95
Мідь	16	0.8	0.13		96
Олово	3	3	0.01		
Свинець	2	0.3	0		
Нікель	1	5	0.05		
Алюміній	5	0.9	0.05		
Залізо	5	0.1	0		

Цинк	1	0.8	0		
Всього			2.74		

Можна дійти висновку, що електронні відходи з низьким вмістом дорогоцінних металів, які належать до малорентабельної категорії, є економічно недоцільними для переплавлення.

Щоб подолати наявні труднощі та створити ефективну систему управління відходами електричного та електронного обладнання, необхідно впровадити комплексний підхід. Такий підхід має охоплювати правові, адміністративні, екологічні й технологічні аспекти, а також враховувати особливості національного виробничого сектору.

2 НОРМАТИВНО - ПРАВОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

В Україні триває процес реформування системи управління відходами, який включає як розробку власних механізмів, так і адаптацію до досвіду країн Європейського Союзу, зокрема щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО).

Хоча останні роки ознаменувалися позитивними зрушеннями в сфері державного регулювання, проте комплексна нормативно-правова база, яка б повністю відповідала європейським вимогам, ще не сформована.

Наразі в Україні діє низка нормативно-правових актів, що регулюють управління відходами:

- Угода про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, ратифікована Законом України № 1678-VII 16 вересня 2014 року;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закон України «Про управління відходами»;
- Закон України «Про металобрухт»;
- Закон України «Про систему громадського здоров'я»;
- Закон України «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції»;
- Закон України «Про загальну безпечність нехарчової продукції»;
- Постанова КМУ №139 від 10.03.2017 «Про затвердження Технічного регламенту обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні».

На розгляді Верховної Ради України знаходиться проєкт Закону України «Про відходи електричного та електронного обладнання» та проєкт Закону України «Про батареї та батарейки».

2.1 Закон України «Про управління відходами»

Цей закон є основним документом, який регулює правові та організаційні аспекти формування ефективної системи управління ВЕЕО. Його положення гармонізовано з основними принципами Директиви Європейського парламенту та Ради № 2008/98/ЄС «Про відходи» та Директиви № 2012/19/ЄС «Про відходи електричного та електронного обладнання».

Основна мета закону – запровадження системи розширеної відповідальності виробника (РВВ), яка стимулює сталу модель виробництва та споживання, а також мінімізацію утворення ВЕЕО. Закон передбачає створення комплексної системи обробки електронних відходів, що базується на принципах економічної доцільності, екологічної безпеки та повернення вторинної сировини в обіг.

У статті 10 передбачено впровадження РВВ для наступних категорій продукції: упаковка, електроніка, батареї, акумулятори, транспортні засоби, мастила, шини, текстиль тощо. Розширена відповідальність охоплює всі етапи життєвого циклу продукції – від виготовлення до її збору та оброблення після використання.

Ключові аспекти управління ВЕЕО, що регламентуються законом:

- визначення правових і економічних основ розміщення електроніки на ринку;
- регулювання виконання зобов'язань виробників;
- поліпшення екологічних характеристик продукції для спрощення її демонтажу та утилізації;
- впровадження ієрархії управління відходами: запобігання → повторне використання → рециклінг → відновлення → утилізація;

- встановлення вимог до процесів збору, перевезення, зберігання та перероблення ВЕЕО;
- встановлення мінімальних цільових показників для збору та ефективності рециклінгу;
- використання найкращих доступних технологій;
- розширення обізнаності громадян щодо екологічно безпечного поводження з ВЕЕО;
- створення електронної системи реєстрації виробників, операторів РВВ та підприємств, які здійснюють поводження з відходами;
- встановлення чіткої відповідальності за порушення законодавства у сфері ВЕЕО.

Реалізація положень цього закону покликана забезпечити виконання зобов'язань України за Угодою про асоціацію з ЄС, створити сприятливе середовище для залучення інвестицій у сферу обробки ВЕЕО, а також сприяти покращенню екологічного стану, збереженню здоров'я населення та ефективному використанню ресурсів.

Впровадження закону дозволить не лише підвищити екологічну відповідальність виробників, але й зменшити кількість нелегально ввезеного та утилізованого електронного обладнання, стимулювати повторне використання ресурсів і забезпечити створення контрольованої та прозорої системи поводження з ВЕЕО в Україні.

2.2 Директива 2002/96/ЄС щодо відходів електричного та електронного обладнання

Директива 2002/96/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 27 січня 2003 року спрямована на запобігання утворенню відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО), а також на забезпечення їх повторного використання, переробки й інших способів відновлення. Мета полягає у

зменшенні кількості відходів, що підлягають захороненню, та мінімізації їхнього негативного впливу на довкілля.

Ця директива поширюється як на електроніку, що використовується в побуті, так і на обладнання професійного призначення. Виробникам ставляться вимоги щодо проектування виробів таким чином, щоб полегшити демонтаж, повторне використання, ремонт і перероблення компонентів та матеріалів електронних пристроїв.

У додатку I А Директиви визначено 10 основних категорій обладнання, які підпадають під її дію:

1. Велика побутова техніка;
2. Побутова техніка малого розміру;
3. Комп'ютерна та телекомунікаційна техніка;
4. Побутова електроніка;
5. Освітлювальне обладнання;
6. Електричні та електронні інструменти (крім стаціонарного промислового обладнання);
7. Іграшки, обладнання для дозвілля та спорту;
8. Медичне обладнання (крім імплантованого чи інфікованого);
9. Обладнання для моніторингу та контролю;
10. Торгові автомати.

У додатку I В наведено конкретні приклади продукції, яка підпадає під ці категорії: холодильники, мікрохвильові печі, кавоварки, комп'ютери, принтери, мобільні телефони, телевізори, флуоресцентні лампи, дрилі, швейні машинки, електронні музичні інструменти, лабораторне діагностичне обладнання, банкомати тощо.

Директива забороняє виробникам створювати конструктивні особливості, які ускладнюють розбір, ремонт або переробку ВЕЕО, якщо лише це не виправдано з міркувань безпеки людей чи довкілля.

Відповідальність за утилізацію ВЕЕО покладається безпосередньо на виробників. Такий підхід повинен мотивувати до виготовлення обладнання, що

легше піддається демонтажу, оновленню та рециклінгу. Для цього передбачено обов'язок надання фінансової гарантії, яка покриє витрати на утилізацію відпрацьованих пристроїв.

У Директиві також введено поняття «історичних відходів» — тобто відходів від обладнання, яке вже не виробляється. Їхнє знешкодження фінансується всіма чинними виробниками, які беруть участь у колективних фінансових механізмах, на пропорційній основі. Така система не повинна ставити в невідповідне становище малих виробників, імпортерів або нові компанії.

Фінансування утилізації здійснюється через обов'язкові внески до спеціального фонду, який може бути включений у вартість товару. Країни-члени ЄС зобов'язані забезпечити створення виробниками або іншими уповноваженими структурами ефективних систем оброблення відходів відповідно до найкращих наявних технологій.

Особливий акцент Директива робить на обов'язкове вилучення небезпечних компонентів (згідно з додатком II), зокрема рідин та токсичних речовин, до початку будь-яких операцій з обробки. Це забезпечує мінімізацію впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Таким чином, Директива 2002/96/ЄС створює правову основу для відповідального поводження з ВЕЕО на всіх етапах життєвого циклу продукції — від виробництва до утилізації, — і відіграє ключову роль у розвитку екологічно сталого електронного сектору Європи.

Кожен виробник електричного та електронного обладнання зобов'язаний нести фінансову відповідальність за поводження з відходами, які утворилися внаслідок використання його продукції, якщо вона була виведена на ринок після 13 серпня 2005 року. Такі зобов'язання можуть виконуватися як індивідуально, так і шляхом участі у колективних програмах. Виробники повинні створити інфраструктуру для збору відпрацьованої електроніки та забезпечити можливість безкоштовного її повернення з боку споживачів з приватного сектору. Крім збору, на виробників покладено обов'язок фінансувати обробку, відновлення та належне видалення ВЕЕО.

Для реалізації принципу розширеної відповідальності виробника, законодавство передбачає, що кожен виробник повинен відповідати за фінансування утилізації саме своєї продукції. Зібрані відходи мають бути використані екологічно безпечно — через утилізацію, повторне використання чи відновлювальний ремонт.

Одним із ключових напрямів у сфері управління ВЕЕО є повторне використання продукції або її окремих компонентів і матеріалів. Якщо повторне використання неможливе або недоцільне, все відпрацьоване обладнання має направлятися на процеси відновлення з максимальним рівнем рециклінгу. Крім того, виробникам слід рекомендувати застосовувати вторинну сировину для виготовлення нових пристроїв.

Директива покладає на держави-члени обов'язок вживати заходів для зниження обсягів ВЕЕО, які потрапляють до загального потоку муніципальних відходів, та підвищення рівня роздільного збору. Це має реалізовуватись шляхом відкриття доступних і зручних пунктів прийому, насамперед для приватних споживачів, з можливістю безоплатного повернення електронних відходів.

Ефективна система роздільного збору є критично важливою для належної подальшої обробки, утилізації або рециклінгу ВЕЕО, а також для гарантування високого рівня захисту навколишнього середовища і здоров'я населення ЄС. Споживачам необхідно сприяти в реалізації такої системи, активно беручи участь у здачі непотрібної техніки до відповідних пунктів.

Спеціальна обробка відходів електроніки є обов'язковою, щоб уникнути потрапляння забруднюючих речовин до потоку переробленої сировини або доквілля. Будь-яке підприємство, що здійснює подібну діяльність, зобов'язане дотримуватися відповідних стандартів, аби запобігти екологічній шкоді. Під час обробки слід використовувати найкращі доступні технології, які гарантують як захист здоров'я, так і доквілля.

Такі методи визначаються згідно з процедурами, викладеними у Директиві 96/61/ЄС Ради ЄС (нині замінена на Директиву 2008/1/ЄС), яка регулює комплексне запобігання забрудненням та контроль за ним.

Окремо зібрані відходи повинні транспортуватися і оброблятися так, щоб максимізувати їх повторне використання або переробку, особливо тих компонентів, які зберегли свою функціональність.

Директива також зобов'язує інформувати споживачів про важливість роздільного збирання, розташування пунктів прийому, їхню участь у повторному використанні або переробці, ризики для довкілля й здоров'я, які можуть виникати через наявність небезпечних речовин у складі обладнання, та значення маркування.

Крім того, країни-члени повинні забезпечити надання виробниками детальної інформації для центрів переробки, повторного використання та утилізації щодо складу обладнання, типів матеріалів і вмісту небезпечних речовин. Ця інформація має бути доступною у формі інструкцій або через електронні засоби (наприклад, CD-диски або онлайн-ресурси).

Виробники також повинні бути зареєстровані в офіційному реєстрі, що дозволяє відстежувати кількість, категорії та вагу обладнання, що було випущене, зібране, перероблене чи експортоване. Директива визначає технічні вимоги до місць тимчасового зберігання ВЕЕО, а також до підприємств і обладнання, що здійснюють їх обробку.

Кращі європейські практики лягли в основу законопроекту «Про відходи електричного та електронного обладнання». Документ розроблений з урахуванням вимог Директив №2008/98/ЄС та №2012/19/ЄС. Він передбачає впровадження системи розширеної відповідальності виробника – тобто механізму, за якого виробники відповідатимуть за весь життєвий цикл власної продукції аж до її утилізації.

Електроніка – відходи, що містять багато дорогих матеріалів. Наприклад, у загальній масі міститься близько 20% міді, а ще золото, срібло, рідкоземельні елементи тощо. Разом з тим такі відходи є токсичними і

небезпечними для довкілля. ВЕЕО містять значну кількість пластику та вогнетривких оксидів (приблизно по 30% за масою), які важко розкладаються та надовго забруднюють довкілля. Важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, хром та інші) проникають в ґрунт і воду і викликають серйозні захворювання.

При цьому маса електронних відходів швидко зростає. Тож і виникла необхідність створення спеціальної системи збирання та оброблення ВЕЕО. Станом на 2023 рік 78 країн світу прийняли спеціальні норми щодо управління ВЕЕО.

Європейський Союз був одним з перших та ще у 2003 році впровадив директиву про відходи електричного та електронного обладнання (WEEE Directive). Оновили документ у 2012 році. Найрозвинутіші системи переробки ВЕЕО в ЄС наразі мають Болгарія, Німеччина та Швеція.

Німеччина запровадила закон про електронні відходи в 2005 році. Країна досягла високих показників збору та переробки ВЕЕО – приблизно 45% від загального обсягу проданого обладнання. Законодавство Німеччини передбачає систему розширеної відповідальності виробника (РВВ), яка вимагає від виробників фінансувати збір та переробку своїх продуктів.

Швеція є лідером у сфері переробки електронних відходів, збираючи близько 60% ВЕЕО, що утворюються в країні. Країна забезпечує зручні умови для здачі відходів, такі як пункти збору в магазинах електроніки.

Одну із найефективніших систем переробки електронних відходів у світі створила Швейцарія. Вона однією з перших країн впровадила систему РВВ – ще в 1998 році. Країна досягла високих рівнів збору та переробки ВЕЕО, які складають понад 75% від усіх проданих електронних приладів.

2.3. Проект Закону України «Про електричне та електронне обладнання та відходи електричного та електронного обладнання»

У зв'язку з підписанням Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії й

державами-членами ЄС, ратифікованої Законом України від 16 вересня 2014 року № 1678-VII, держава взяла на себе низку зобов'язань, зокрема — гармонізувати своє законодавство з нормами ЄС. Одним із таких зобов'язань є впровадження положень Директиви № 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року, яка стосується регулювання поводження з відходами, а також реалізація принципів «забруднювач платить» і розширеної відповідальності виробника (РВВ).

Правовим актом Європейського Союзу, що регламентує сферу обігу електричного та електронного обладнання (ЕЕО) і поводження з відходами ЕЕО (ВЕЕО), є Директива № 2012/19/ЄС від 4 липня 2012 року. У межах імплементації цих норм в Україні вже зареєстровано два відповідні законопроекти: «Про батареї і акумулятори» (№ 2352 від 30.10.2019 р.) та «Про відходи електричного та електронного обладнання» (№ 2350 від 30.10.2019 р.).

На даний момент в Україні немає окремої офіційної статистики щодо обсягів утворення ВЕЕО. Проте з урахуванням зростання темпів виробництва та споживання ЕЕО, цілком логічним є очікування збільшення кількості відходів цього типу як у світі, так і в Україні найближчими роками.

Впровадження системи роздільного збору та належної обробки ВЕЕО дозволить не лише запобігти забрудненню довкілля, а й повернути в обіг значні обсяги вторинної сировини. Склад ЕЕО відрізняється залежно від виробника і постійно змінюється через інновації. Дослідження свідчать, що основними компонентами ВЕЕО є пластик та вогнетривкі оксиди (по 30%), а також сполуки міді (близько 20%). У складі ЕЕО також присутні залізо, алюміній, мідь, свинець, нікель, олово, цинк, а також рідкісні та токсичні елементи — кадмій, стронцій, берилій, барій, хром, стибій та ін.

Неправильне поводження з ВЕЕО або змішування його з іншими відходами загрожує виникненням серйозного забруднення природного середовища, що, в свою чергу, може викликати низку захворювань — від порушень щитовидної залози, легневих патологій, до онкозахворювань, безпліддя, вроджених вад та генетичних мутацій.

В Україні наразі відсутня правова й організаційна база для створення сталої системи управління ВЕЕО. Законопроект, розроблений з урахуванням вимог Директив ЄС № 2008/98/ЄС та № 2012/19/ЄС, має доповнити вже діючий Закон України «Про управління відходами» в частині поводження з електронними відходами.

Проект визначає ключові засади державної політики в сфері управління ВЕЕО:

1. Першочерговий захист здоров'я людей і довкілля.
2. Забезпечення чесної конкуренції у галузі введення на ринок ЕЕО та управління електронними відходами, недопущення монополізації.
3. Використання економічних стимулів для підтримки ієрархії управління відходами.
4. Заходи із запобігання утворенню ВЕЕО.
5. Роздільне збирання відходів задля ефективної підготовки до повторного використання та рециклінгу.
6. Заохочення до використання найкращих доступних технологій для обробки електронних відходів з метою мінімізації ризиків для довкілля та здоров'я.
7. Прозорість і доступність інформації про систему поводження з ВЕЕО для всіх зацікавлених сторін — і громадян, і бізнесу.

Таким чином, ухвалення цього законопроекту дозволить сформувати цілісну нормативно-правову основу, яка відповідатиме європейським стандартам і сприятиме переходу до ефективної, екологічно відповідальної моделі управління електронними відходами в Україні.

3 ПРОБЛЕМИ І НАПРЯМИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ

3.1 Характеристика відходів електричного та електронного обладнання як забруднювачів довкілля

Відходи електричного та електронного обладнання охоплюють як промислові електроприлади, так і їхні складові, серед яких батареї, конденсатори, електронно-променеві трубки, скло тощо.

За результатами аналізу, основними компонентами ВЕЕО в Україні є пластик (30%), мідь (20%) і залізо (8%). Частка інших корисних металів є менш значною: олово — 4%, нікель, алюміній та свинець — по 2%, цинк — 1%, срібло — 0,2%, золото — 0,1%. Через велику різноманітність складу ВЕЕО їх переробка потребує впровадження спеціалізованих, високовартісних технологій, що в умовах України створює суттєві виклики та потребує розвитку сучасної інфраструктури для поводження з такими відходами [8].

Для переробки відходів ЕЕО існують технологічно розвинені методи, які дозволяють ефективно й безпечно виділяти цінні компоненти. Водночас впровадження таких технологій потребує значних капіталовкладень. Через брак фінансування часто вдаються до неформальних і дешевших способів утилізації, які зазвичай є екологічно небезпечними. Такі практики спричиняють викиди забруднюючих речовин у довкілля, що негативно впливає на живу природу та абіотичні елементи екосистем.

ВЕЕО підлягають окремому збиранню та обробці через їхню токсичність і шкідливість для навколишнього середовища та здоров'я людини. Електронні відходи становлять загрозу через вміст полімерних матеріалів, продуктів їх розкладання, стійких органічних забруднювачів (СОЗ), антипіренів на основі бромованих сполук, а також важких металів: свинцю, хрому, нікелю, ртуті, кадмію тощо.

Основними шляхами впливу небезпечних речовин з ВЕЕО на організм людини є потрапляння через дихальні шляхи, шкіру, або через їжу, воду й повітря. Речовини, які мають довгий період розкладання і не знешкоджуються природним шляхом — стійкі органічні забруднювачі — є особливо небезпечними. Наприклад, поліциклічні ароматичні вуглеводні виникають при неповному згорянні палива, у тому числі в процесі спалювання електроніки. Важкі метали, зокрема свинець, кадмій, ртуть, нікель, а також миш'як, цинк, залізо та алюміній, є небезпечними для здоров'я навіть у незначних концентраціях.

Крім названих впливів на довкілля, також можуть нанести загрозу такі гігієнічні фактори як шум, рівень вібрації, запах, пил при функціонуванні установок та споруд по переробці та видаленню відходів.

Негативна дія складових ВЕЕО на здоров'я людей та на навколишнє середовище пов'язана з ризиком надходження небезпечних складових інгредієнтів відходів в об'єкти довкілля при неправильному розміщенні та процесах демонтажу електронних відходів (рис. 3.1)[3].

Токсичні речовини, які присутні у складі електронних відходів, залишаються та накопичуються у водоймах, ґрунтових водах, ґрунті та повітрі, а потім з харчовим ланцюгом потрапляють як до сухопутних та морських тварин, так і до людини, а також до джерел питної води.

Джерела виникнення електронних відходів умовно поділяються на компактні та розосереджені. До перших належать технологічні відходи, що утворюються в процесі промислового виробництва. Розосереджені — це відходи, що виникають у результаті експлуатації електроніки в побуті й на підприємствах. Ступінь екологічного ризику, який ці відходи становлять для людини й біоти, залежить від їх складу та шляхів впливу.

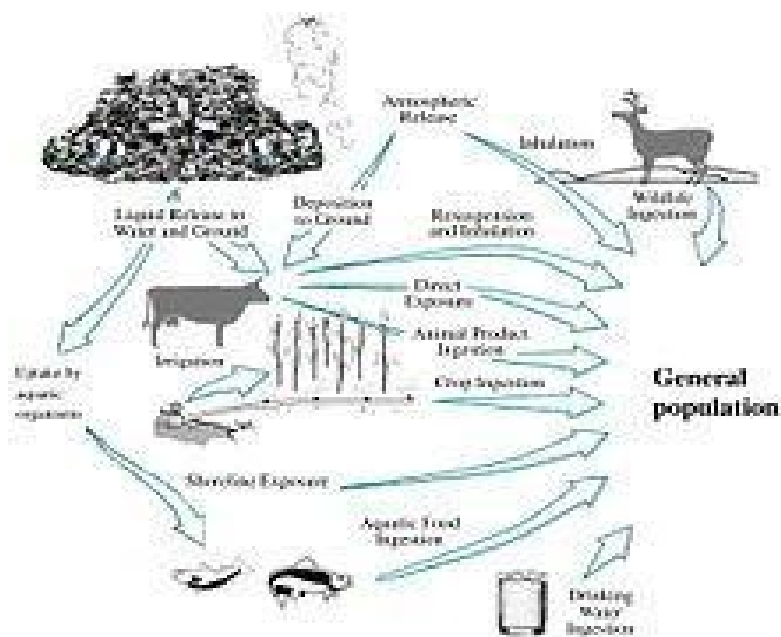


Рисунок 3.1 - Експозиція електронними відходами, пов'язана з наявністю токсичних речовин у навколишньому середовищі, включаючи забруднення харчових ланцюгів.

У процесі аналізу зразків відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) було виявлено, що основну частку полімерних матеріалів становить полістирол (42 %), за яким ідуть сополімер акрилонітрил-бутадієн-стиролу (38 %) та поліпропілен (10 %). Решта складається з інших полімерів — поліетилену, полівінілхлориду тощо.

Серед найнебезпечніших забруднювачів довкілля у складі електронних відходів варто відзначити важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, хром у шестивалентній формі) та антипірени — полібромовані дифеніли (PBBS) і полібромовані дифенілові ефіри (PBDEs). Зокрема, кадмій трапляється в невеликих побутових електроприладах, свинець — у комп'ютерному та побутовому обладнанні, а антипірени — у телевізорах та моніторах із електронно-променевими трубками [9, 10, 11].

У 2001 році на міжнародному рівні підписано Стокгольмську конвенцію про стійкі органічні забруднювачі (СОЗ), яка визначила початковий перелік із

12 надзвичайно небезпечних речовин — зокрема, ДДТ, альдрин, діоксини, фурани тощо. Під час Четвертої конференції сторін конвенції в 2009 році до списку було додано ще 9 сполук, включаючи:

1. Хлордекон — пестицид;
2. Альфа- та бета-гексахлорциклогексан — пестициди і побічні продукти;
3. Ліндан — інсектицид;
4. Пентахлорбензол — токсичний хімікат;
5. Гексабромдифеніл;
6. Компоненти октабромдифенілового етеру;
7. Перфтороктанова сульфорова кислота (ПФОС) та її похідні;
8. Тетрабромдифеніловий та пентабромдифеніловий ефіри.

Гексабромдифеніл і споріднені з ним речовини активно застосовувались як антипірени в полімерних матеріалах — у продукції для будівництва, офісного обладнання, меблів, автомобілебудування. Вони характеризуються високою стабільністю, біоаккумулятивністю та потенційною канцерогенністю.

Попри те, що летючість гексабромдифенілу є нижчою, ніж у багатьох інших СОЗ, моніторинг довкілля зафіксував його сліди навіть у живих організмах Арктики, що свідчить про здатність до трансграничного переносу. Його коефіцієнт біоконцентрації коливається в межах 4700–18000 — аналогічно до добре вивченого гексахлордифенілу. Хоча пряма токсичність цієї сполуки невелика, експерименти на тваринах показують хронічну токсичність, гепатотоксичність і гормональні порушення при тривалому впливі навіть у малих дозах (від 0,05 мг/кг маси тіла щоденно). Міжнародне агентство з дослідження раку (IARC) класифікує гексабромдифеніл як можливий канцероген для людини (група 2B).

Полібромовані антипірени також впливають на ендокринну систему. Дослідження на щурах, мавпах і норках показали вплив на репродуктивну функцію, включаючи порушення вагітності та мутації. Епідеміологічні дослідження виявили випадки гіпотиреозу в осіб, що працювали з цими

речовинами, а також підвищення рівня раку молочної залози серед жінок, які зазнали впливу.

Попри офіційне припинення виробництва та застосування гексабромдифенілу в багатьох країнах, у деяких державах ці речовини все ще можуть використовуватися. Їх потрапляння в довкілля можливе не лише під час виготовлення або експлуатації виробів, а й унаслідок спалювання, що призводить до утворення токсичних полібромованих дібензофуранів.

У таблиці 3.1 наведено стислий огляд негативного впливу компонентів електронних відходів на вразливі категорії населення та основні прояви цього впливу.

Таблиця 3.1 – Короткий виклад основних токсикантів електричних відходів, їх джерело надходження та засіб передачі.

Основні токсичні компоненти	Джерело надходження	Середовище впливу	Основна небезпека для здоров'я
Полібром-біфенілові ефіри	Антипірени	Повітря, вода, ґрунт, і продукти харчування	Дисфункція щитовидної залози
Поліхлоровані біфеніли	Конденсатори, мастила, діелектричні рідини, двигуни та інш.	Продукти харчування (може призвести до накопичення пилу) і ґрунт	Дисфункція щитовидної залози
Поліхлоровані дібензодіоксини Поліхлоровані дібензофурани	Побічний продукт горіння	Повітря, ґрунт, пил і пар	Дисфункція щитовидної залози
Поліциклічні ароматичні вуглеводні	Спалювання побічних продуктів	Повітря, вода, ґрунт, пил	Викликає репродуктивні порушення
Мідь	Дроти, друковані плати та інше	Пил, повітря, вода, ґрунт	Головні болі, запаморочення, подразнення очей, носа, рота
Меркурій	Термостати, комп'ютерні монітори, сотові телефони, друковані плати, датчики	Продукти харчування, вода, ґрунт	Викликає репродуктивні порушення, ріст психічних захворювань, порушення ДНК

Продовження таблиці 3.1

Основні токсичні компоненти	Джерело надходження	Середовище впливу	Основна небезпека для здоров'я
Кадмій	Вимикачі, з'єднувальні компоненти, ПХД, напівпровідникові чіпи, акумуляторні батареї, комп'ютерні монітори, сотові телефони	Повітря, вода, ґрунт, пил, продукти харчування	Надлишок кадмію в організмі призводить до порушення роботинирок, підвищення кров'яного тиску, до зниження числа еритроцитів. Викликає репродуктивні порушення. Накопичується в організмі. Канцероген.
Нікель	Нікель-кадмієві, нікель-метал-гідридні акумулятори	Ґрунт, вода, повітря, продукти харчування	Подразнює глибокі дихальні шляхи, викликаючи пневмонії набряк легень незалежно від шляху надходження в організм. Значна загальнотоксична дія спрямована на нервову систему. Канцероген.
Літій	Первинні автотринні акумуляторні батареї, мастильні матеріали та мастила	Повітря, вода, продукти харчування	Ризик зменшення концентраційної здатності нирок, гіпотиреозу, гіперпаратиреозу ізбільшення маси тіла. Вражає шлунково-кишковий тракт, нирки і центральну нервову систему.
Свинець	Друковані плати, комп'ютерні монітори, лампи, телевізори	Пил, повітря, вода, ґрунт, продукти харчування	Обмінні і ендокринні порушення, порушення дітородної функції, зріст психічних захворювань, ураження щитовидної залози, печінки. Канцероген

Продовження таблиці 3.1

Основні токсичні компоненти	Джерело надходження	Середовище впливу	Основна небезпека для здоров'я
Ртуть	Ртутно-цинкові елементи	Продукти харчування, вода	Погано впливає на нирки, організм, центральну нервову систему, серце людини, різко знижує кров'яний тиск і вкрай негативно впливає на репродуктивну функцію людини, а також на плід. Накопичується в організмі
Хром	Антикорозійні покриття, диски пам'яті та інші	Ґрунт, вода, повітря, пилюка	Дисфункція легень, ураження шлунково-кишкового тракту. Канцероген

Як свідчить аналіз даних таблиці 3.1, тривалий вплив багатьох токсичних компонентів, що містяться в електричних відходах, має надзвичайно шкідливі наслідки для здоров'я людини та довкілля. У зв'язку з цим вкрай важливо забезпечити ефективне управління значними обсягами відпрацьованого електричного та електронного обладнання.

3.2 Поточний стан поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні

Обсяги утворення електричних відходів напряму залежать від інтенсивності використання електричних і електронних пристроїв у різних галузях людської діяльності. Таке обладнання широко застосовується в промисловості, науково-технічній сфері, для створення сучасних систем керування, у радіоелектроніці, приладобудуванні та автоматизації виробничих процесів. ЕЕО також відіграє важливу роль у сільському господарстві,

транспортній сфері та військово-промислового комплексу. Крім того, з кожним роком зростає його використання в побуті та сфері обслуговування населення.

Стрімкий розвиток інформаційних технологій супроводжується постійним збільшенням кількості електронного обладнання та регулярною модернізацією його апаратного забезпечення. Це необхідно для забезпечення високої функціональності й відповідності сучасним технічним вимогам. На ринку безперервно з'являються нові моделі пристроїв, що мають розширений функціонал і покращені характеристики. Така динаміка призводить до швидкого морального зношення існуючого обладнання, зокрема побутової електроніки, яке замінюється на новіші моделі. Як наслідок, стрімко зростає обсяг специфічних відходів, що потребують належного поводження.

Як зазначає О.О. Скорик, нині в Україні сфера використання вторинних ресурсів перебуває на етапі активного становлення. Високі енерго- та ресурсоемні характеристики національного виробництва зумовлені не лише самими технологічними процесами, а й тим, що частина енергетичних і матеріальних ресурсів фактично «законсервована» у відходах. Ці витрати закладаються у вартість готової продукції, тоді як мільярди тонн твердих відходів, накопичених в країні, не використовуються в господарському обігу.

На сьогодні система поводження з електронними відходами в Україні залишається вкрай примітивною — близько 95–97 % зібраних відходів вивозиться на звалища та полігони, і лише 3–5 % потрапляє на переробні підприємства [17].

У державі функціонують лише два суб'єкти господарювання, що мають ліцензію на приймання й утилізацію різних видів електронних відходів — ТОВ «ДСЛ-2010» і ТОВ «Науково-виробнича компанія «Укрекопром». Окрім них, утилізацію люмінесцентних ламп і батарей здійснює дочірнє підприємство «Боднарівка» при львівському комунальному підприємстві «Зелений Львів».

Станом на сьогодні в Україні діє лише частково налагоджена система збирання відпрацьованих акумуляторів, люмінесцентних ламп і частково —

батарейок, що координується, зокрема, громадською ініціативою «Батарейки, здавайтесь».

3.3 Розширена відповідальність виробника (РВВ)

У проєкті закону «Про відходи електричного та електронного обладнання» передбачено обов'язки виробників, які зобов'язані забезпечити належне фінансування та функціонування систем поводження з ВЕЕО, що утворюються в результаті розміщення їхньої продукції на ринку. Це стосується таких напрямів:

1. організація роздільного збору ВЕЕО по всій території України;
2. підготовка зібраного обладнання до повторного використання, його обробка, включаючи рециклінг і відновлення;
3. екологічно безпечне видалення фракцій, що не підлягають подальшій переробці;
4. досягнення встановлених мінімальних показників збору, переробки та повторного використання;
5. реєстрація в установленому порядку та подання відповідної звітності.

Цей законопроект розроблений з урахуванням положень Рамкової директиви ЄС 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року та Директиви 2012/19/ЄС, які регулюють управління відходами ЕЕО.

Відповідно до чинної редакції Директиви 2008/98/ЄС, схеми РВВ передбачають комплекс заходів, які країни ЄС мають впроваджувати для того, аби покласти на виробників фінансову або і фінансову, і організаційну відповідальність за обробку відходів, що утворюються в результаті життєвого циклу їхньої продукції.

У статті 8а цієї директиви зазначено, що таку відповідальність можуть нести як самі виробники, так і спеціально створені організації від їхнього імені. Важливою умовою є чіткий розподіл обов'язків між усіма учасниками процесу,

недопущення дискримінації між виробниками та дотримання пріоритетів ієрархії поводження з відходами.

Згідно зі статтею 10 Закону України «Про управління відходами», виробники електронного та електричного обладнання зобов'язані виконувати вимоги РВВ або самостійно (індивідуально), або колективно — через відповідну організацію.

Система РВВ включає:

- створення інфраструктури для збору та обробки відходів, а також покриття витрат на ці процеси;
- інформування громадян про можливості запобігання утворенню відходів, шляхи повторного використання й переробки;
- розробку екологічно безпечної продукції з довгим терміном служби, придатної для ремонту та повторного використання, а також виробництво з використанням вторинної сировини.

Національні моделі РВВ реалізуються як через загальне законодавство, так і через окремі нормативно-правові акти для конкретних типів відходів. Наприклад, у разі побутових відходів — відповідальність частіше носить лише фінансовий характер, тоді як для промислових відходів можуть застосовуватись бізнес-орієнтовані підходи.

Порівняння моделей РВВ у країнах Європи:

- Галузеве управління РВВ (Бельгія, Франція, Італія): створюється неприбуткова структура, що координує переробку й взаємодію з муніципалітетами.
- Дуальна система (Німеччина, Швеція): виробники відповідають за операційні та фінансові аспекти, а роль муніципалітетів зведена до мінімуму.
- Спільна модель (Іспанія, Чехія): збирання організують місцеві органи влади, а виробники забезпечують фінансування.
- Система торгових квот (Велика Британія): немає прямої взаємодії між муніципалітетами й бізнесом.

- Конкурентні моделі (Польща, Болгарія): функціонують кілька організацій, що конкурують за клієнтів і виконують обов'язки згідно з часткою ринку.
- Спільна інфраструктура збору (Німеччина): всі зібрані відходи сортуються централізовано, витрати розподіляє спеціальна установа.
- Індивідуальні ОРВВ для регіонів (Латвія, Румунія, Словаччина): кожна організація самостійно досягає своїх показників співпрацею з муніципалітетами.

Такі моделі підкреслюють, що ефективність впровадження РВВ залежить від економічних умов, адміністративних ресурсів та законодавчого середовища кожної країни.

4 РОЗРАХУНКИ ВАРТОСТІ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЦІЛЬОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЩОДО УТВОРЕННЯ, ПІДГОТОВКИ ДО ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ, ПЕРЕРОБКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВЕЕО

На сьогодні в Україні не ведеться окремий облік статистичних даних щодо утворення, знешкодження та утилізації відходів електричного й електронного обладнання (ВЕЕО). З огляду на ситуацію, спричинену військовою агресією російської федерації, яка чиниться за підтримки білорусі, відповідна інформація буде оприлюднена після завершення строку подання звітності, встановленого Законом України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни». За орієнтовними оцінками, з 1991 року в країну було завезено понад 15 мільйонів одиниць персональної техніки та оргтехніки загальною масою понад 600 тис. тонн, а також понад 25 мільйонів мобільних телефонів (близько 3 тис. тонн) [13].

4.1 Оцінка обсягів дорогоцінних металів у ВЕЕО (в середньому на 100 домогосподарств)

Для прогнозування масштабів використання електричного та електронного обладнання, а відповідно — і потенційних обсягів відходів, доцільно аналізувати структуру асортименту такого обладнання та обсяги його реалізації на ринку.

Ринок ЕЕО в Україні є надзвичайно розгалуженим: він включає як великогабаритні пристрої й системи, так і малі електронні прилади, наприклад, батарейки. У продажу присутня як продукція вітчизняного виробництва, так і імпортована. Перелік найменувань обладнання українського виробництва регламентується Державним класифікатором продукції та послуг, а

імпортоване обладнання — Українським класифікатором товарів зовнішньоекономічної діяльності (УКТЗЕД).

Сьогодні в Україні на ринку електричного та електронного обладнання працюють понад три тисячі підприємств. Зокрема, електричні машини випускають 845 підприємств, офісну техніку — 820, медичне обладнання — 2049, гальванічні елементи — 89 тощо [14]. Багато з них здійснюють збирання продукції з імпортованих комплектуючих. Експортна частка продукції залишається невеликою. Вітчизняними підприємствами щороку випускається приблизно 200–240 млн електроламп, близько 2 млн світильників, 2–3 тис. одиниць електродіагностичної апаратури, а також десятки тисяч тонн кабельно-провідникової продукції.

Варто зазначити, що потреби українського споживача у сегменті ЕЕО лише частково задовольняються за рахунок вітчизняного виробництва. Основна частка реалізованої продукції — це імпорт. За офіційною статистикою, в Україну завозиться понад 50 різновидів електронного обладнання, серед яких: електричні двигуни й генератори, батареї й акумулятори, побутова електротехніка, електромеханічні пристрої з вбудованими двигунами, радіонавігаційна та радіолокаційна техніка, системи дистанційного керування, телевізійна й відеоапаратура тощо [13].

Ще один спосіб оцінити утворення ВЕЕО — аналіз кількості побутової електроніки, яка перебуває в користуванні в українських домогосподарствах. Відповідно до даних офіційної статистики щодо наявності товарів тривалого використання (в середньому на 100 домогосподарств), наведеної у таблиці 4.1 [15], можна розрахувати кількість одиниць техніки, яка експлуатується в домашніх умовах.

Так, протягом 2010–2020 років кількість електроприладів у домогосподарствах зросла. Зокрема, кількість кольорових телевізорів зменшилась із 93,8 до 87,9 шт. на 100 домогосподарств, проте холодильників і морозильників стало більше — з 109,4 до 134,8 шт.; персональних комп'ютерів

— з 19,5 до 33,7; мікрохвильових печей — з 37,1 до 55,2; кондиціонерів — з 1,3 до 5,1; супутникових антен — з 9,9 до 15,8 шт. на 100 домогосподарств.

Таблиця 4.1 - Наявність у домогосподарствах окремих товарів тривалого користування (у середньому на 100 домогосподарств, штук).

Номенклатура (вид) товару	Роки					
	2010	2012	2014	2016	2018	2020
телевізори кольорові	93,8	97,6	96,8	96,8	95,0	97,9
персональні комп'ютери	19,5	22,6	26,5	30,2	32,0	33,7
холодильники	98,7	99,6	99,6	99,1	99,5	100,0
морозильні камери, морозильники	30,7	24,2	24,4	43,6	37,8	34,8
мікрохвильові печі, мультиварки	37,1	42,9	46,9	49,9	49,6	55,2
кухонні комбайни	10,1	11,2	10,4	15,3	16,8	16,6
пральні машини	79,2	84,5	86,0	88,4	84,1	87,7
електропило- соси	72,3	79,1	75,5	82,2	81,6	80,8
швейні машини	25,7	20,0	22,9	26,0	22,4	20,7
кондиціонери	1,3	0,3	0,5	1,0	1,0	5,1
супутникові антени	9,9	13,8	19,4	15,7	24,9	15,8

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7
мотоцикли, сноумобілі	3,9	2,8	4,7	1,3	5,4	1,0
велосипеди	57,6	60,8	62,8	57,7	59,3	67,2
моторолери, мопеди, скутери	4,6	6,6	7,9	4,9	6,5	5,2
автомобілі, мікроавтобуси	20,9	19,8	14,6	13,8	13,2	21,7
ноутбуки, нетбуки	2,3	8,8	24,8	21,4	39,7	27,1
планшети	-	-	-	3,5	12,4	16,2

За узагальненими приблизними оцінками, загальна вага побутової техніки, що нині перебуває в користуванні населенням, може досягати 3 мільйонів тонн. По завершенні строку експлуатації ця маса повністю перетвориться на електронні відходи.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що фактичні обсяги формування відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) в Україні можуть значно перевищувати ті, що зазначаються в офіційній статистичній звітності — щонайменше в кілька разів.

Уже з 2010–2012 років в Україні простежується інтенсивне накопичення електронних відходів, що пов'язано з обмеженим терміном служби певних видів електроніки. Така ситуація вимагає створення ефективної інфраструктури для переробки, відновлення та утилізації вичерпаного електронного обладнання.

На відміну від розвинених країн, в Україні питання збирання та утилізації ВЕЕО досі залишається невирішеним. Повноцінна система управління відходами електронного та електричного обладнання повинна містити два ключові компоненти. Перший компонент має охоплювати

організацію збору та утилізації електронної техніки, що вийшла з ужитку, від населення. Другий — передбачати відповідні заходи щодо ВЕЕО, яке генерують підприємства, установи, організації й інші суб'єкти, що використовують техніку на професійному рівні.

Лише за наявності двокомпонентного підходу можна очікувати на ефективне вилучення значних обсягів цінної вторинної сировини, що підтверджується даними таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Матеріальний вміст матеріалів, придатних для вторинного використання

Матеріальний склад, у % від загальної маси	комп'ютер	монітор	телевізор	ноутбук	телефон	% вилучення
Скло	0	44	49	10	12	90
Пластик	5	23	20	38	28	95
Сталь	67	18	11	20	0	95
Мідь	7	5	3	12	17	90
Нерж. сталь	0	4	0	0	1	85
Олово	0	3	1	2	4	95
Алюміній	5	2	0	4	2	90
Свинець	1	0	0	1	1	90
Срібло	0	0	0	0	1	90
Золото	1	0	0	0	0	90
Нікель	0	0	0	1	2	85
Інші	14	1	16	12	34	100

На основі офіційних статистичних даних Державної служби статистики України було здійснено розрахунок кількості дорогоцінних металів, які містяться у відходах електричного та електронного обладнання (ВЕЕО), у середньому на 100 домогосподарств станом на 2020 рік.

Для проведення розрахунку було використано результати вибіркового опитування домогосподарств, яке проводиться Державною службою статистики України раз на два роки (опитування не проводилось у 2022 та 2024 роках). У якості джерела даних виступає офіційний документ — «Наявність у

домогосподарствах товарів тривалого користування (за підсумками вибіркового опитування домогосподарств у жовтні 2020 року)» [15] (таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 - Наявність у домогосподарствах товарів тривалого користування (у середньому на 100 домогосподарств, штук)

Назва виробу (наявність у середньому на 100 домогосподарств, штук)	Рік	
	2018	2020
Холодильник	100,7	102,0
Морозильна камера, морозильник	23,7	30,6
Пральна машина	90,6	92,7
Електропилосос	80,7	82,7
Телевізор	116,3	118,3
Цифровий фотоапарат, фотоапарат	11,3	11,3
Персональний комп'ютер	37,0	36,7
Мікрохвильова піч, мультиварка	53,7	70,7
Кухонний комбайн	17,4	18,2
Супутникова антена	30,5	28,9
Кондиціонер	11,7	16,0
Посудомийна машина	1,7	1,8
Ноутбук, нетбук	34,5	38,4
Планшет	18,9	22,4

Спираючись на положення наказу № 780 від 15 вересня 2015 року, яким затверджено «Методичні рекомендації щодо обліку дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння, дорогоцінного каміння органогенного утворення та напівдорогоцінного каміння, виробів з них та матеріалів, що їх містять» [16], здійснено розрахунок обсягів дорогоцінних металів у таких видах техніки, як:

комп'ютер, холодильник, фотоапарат, телевізор, кондиціонер, пилосос, пральна машина, антенний адаптер та посудомийна машина.

Підсумкові дані за результатами обчислень наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Кількість дорогоцінних металів у відходах електричного і електронного обладнання (у середньому на 100 домогосподарств)

№ з/п	Назва виробу	Вміст дорогоцінних металів в грамах на одиницю виробу			
		золото	срібло	платина	метали платинової групи
1	2	3	4	5	6
1	Комп'ютер в зборі	0,91	1,62	0,00502	0,33425
2	Холодильний шкаф середньотемпературний		0,342		
3	Фотоапарат	0,001	0,01		
4	Телевізор	0,016	0,13		0,1
5	Кондиціонер		5,87		
6	Пилосос		0,01		
7	Пральна машина	0,0053	0,1117		
8	Адаптер антенний	0,022			
9	Посудомийна машина машина	0,0683			

На основі даних таблиць 4.3 та 4.4 здійснено розрахунок вмісту дорогоцінних металів у відходах електричного та електронного обладнання, що утворюються у середньому на 100 домогосподарств. Результати розрахунку подано у таблиці 4.5, значення наведено в грамах.

Значущість проведеного обчислення полягає в тому, що на сьогодні переробка електронних відходів перетворилась на прибуткову сферу бізнесу. Утилізація електронного та електричного обладнання потребує значних енергетичних витрат, тому промислова діяльність у цій галузі, що включає збирання, сортування, транспортування, обробку й переробку, повинна бути економічно доцільною, інакше вона не зможе функціонувати ефективно.

Відомо, що 1 тонна лому персональних комп'ютерів містить більше золота, ніж 17 тонн золотоносної руди. Також встановлено, що з 1 тонни відпрацьованих мобільних телефонів (близько 6000 одиниць) можливо добути приблизно 3,5 кг срібла, 340 г золота, 140 г паладію та 130 кг міді [17].

Проте, попри наявність цінних ресурсів, більшість відходів електричного та електронного обладнання в Україні досі захоронюється на полігонах.

Таблиця 4.5 - Кількість дорогоцінних металів у відходах електричного і електронного обладнання (у середньому на 100 домогосподарств)

№	Назва виробу	кількість	Вміст дорогоцінних металів в грамах			
			золото	срібло	платина	метали платинової групи
1	2	3	4	5	6	7
1	Комп'ютер в зборі	36,7	33,397	59,454	0,1835	12,27
2	Холодильний шкаф	102		34,884		
3	Фотоапарат	11,3	0,0113	0,113		
4	Телевізор	118,3	1,8928	15,379		11,83
5	Кондиціонер	16		93,92		
6	Пилосос	82,7		0,827		
7	Пральна машина	92,7	0,4912	10,354		
8	Адаптер антенний	28,9	0,6358			
9	Посудомийна машина	1,8	0,123			
	Разом		36,5511	214,9316	0,1835	24,1

На сьогодні в Україні на державному рівні відсутня організована система приймання відпрацьованого електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) від населення. Замість цього мають місце лише поодинокі ініціативи у вигляді разових акцій.

Серйозну загрозу становить поширення незаконної діяльності, пов'язаної зі збиранням та переробкою кольорових і чорних металів без відповідних дозволів. Особи, які займаються пошуком металів, скуповують стару побутову техніку у громадян, вилучають із неї цінні матеріали, а решту відходів вивозять на звалища. Це спричиняє значні втрати ресурсів, а також погіршення стану довкілля, адже у складі ВЕЕО наявні не лише дорогоцінні метали, але й токсичні елементи, зокрема важкі метали (свинець, ртуть, кадмій, хром, берилій, миш'як, нікель, сурма, цинк), бромовані антипірени, фталати, поліхлоровані дибензодіоксини, дибензофурани та інші хімічні речовини [18].

У таблиці 4.6 представлено актуальну вартість дорогоцінних металів, розраховану у гривнях за тройську унцію згідно з офіційним курсом Національного банку України [19].

Таблиця 4.6 - Вартість дорогоцінних металів у гривнях за тройську унцію за курсом Національного банку України

Рік	Курси банківських дорогоцінних металів НБУ (ціна за 1 Oz)			
	золото	срібло	платина	паладій
2010	9038,2100	147,9420	13121,0150	3682,5300
2011	11005,3070	232,4820	13808,8650	6080,6760
2012	12899,5320	231,0650	11345,5160	5169,4010
2013	13464,2090	247,0640	12541,0170	5619,0790
2014	9849,3740	161,2990	11246,1510	5834,8900
2015	19076,6870	257,8210	19230,2460	12505,1720
2016	25872,4300	328,3560	20542,8150	11869,7040
2017	32338,7380	453,0690	26534,3490	20661,9930
2018	36974,4530	481,0060	27385,3500	30741,5360
2019	36032,8890	439,8300	23060,1490	36811,8720
2020	35802,1700	423,2700	22532,4500	44989,3300
2021	51647,2100	710,4900	31072,4000	67115,2200
2022	49721,6800	622,8500	26114,0300	53091,0200
2023	68562,8300	874,6200	39974,6000	66549,3700
2024	77828,6200	885,3800	36143,1700	37881,2700
2025	111994,5100	1270,4000	40382,7800	39262,6800

На рисунку 4.1 зображено зміну вартості дорогоцінних металів згідно з курсом Національного банку України [19]. Це дозволяє дійти висновку, що протягом останніх років ціни на золото та платину зазнали суттєвого зростання. Продаж дорогоцінних металів, отриманих у процесі переробки відходів електричного та електронного обладнання, є економічно вигіднішим варіантом, ніж їхнє промислове видобування, яке вимагає значних фінансових інвестицій.

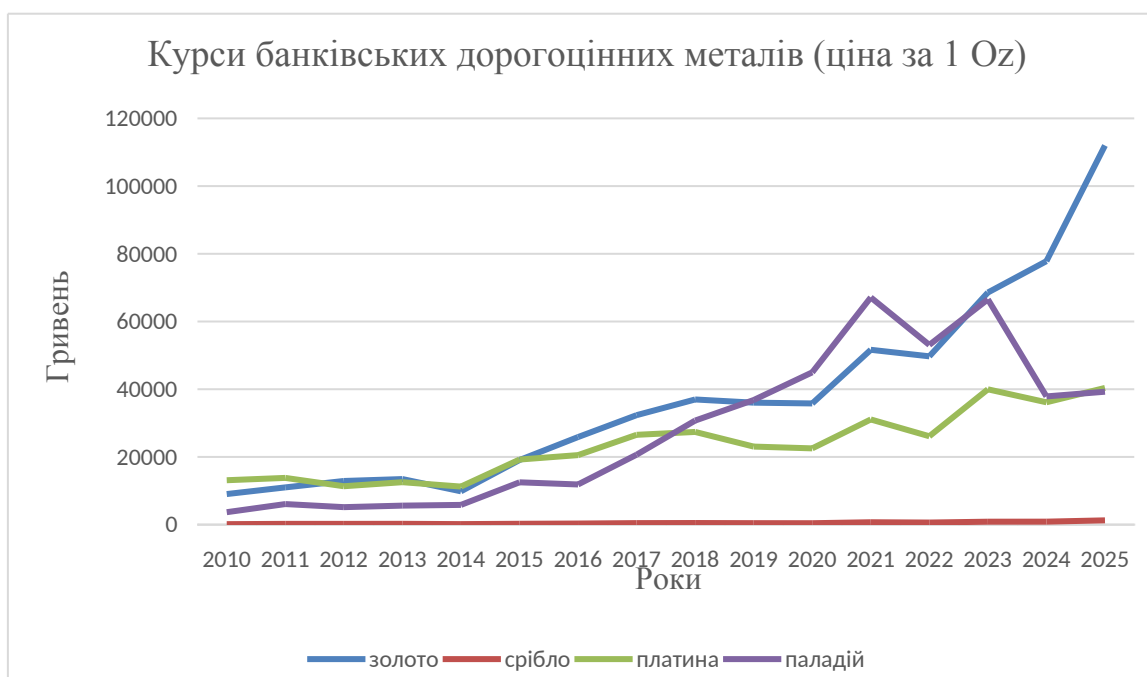


Рисунок 4.1 –Динаміка цін дорогоцінних металів за курсом Національного банку України.

Частину прибутків, отриманих від переробки відходів електричного та електронного обладнання, планується спрямовувати на фінансування так званих «спеціальних операцій», до яких належать:

- транспортування;
- демонтаж (етап «розкручування»);
- брикетування чорного металу (механізований процес);
- відокремлення пластикових компонентів (етап «розкручування»);

- вилучення частин із високим вмістом кольорових металів (етап «розкручування»);
- брикетування кольорового металу (механізований процес);
- сортування матеріалів за ступенем очищення;
- передача матеріалів на афінаж (послуги сторонніх організацій);
- інші операції [17].

З огляду на зростання вартості дорогоцінних, чорних і кольорових металів, утилізація ВЕЕО набуває економічної доцільності та сприяє створенню додаткових робочих місць.

4.2 Розрахунок мінімальних цільових показників

У проєкті закону «Про відходи електричного та електронного обладнання» передбачено два ключові мінімальні цільові показники:

1. показники зі збирання ВЕЕО;
2. показники щодо підготовки до повторного використання, рециклінгу та відновлення відходів ЕЕО.

Відповідно до статті 20 цього законопроєкту, мінімальні цільові показники зі збирання ВЕЕО визначаються наступним чином:

1. Мінімальні цільові показники збирання ВЕЕО обраховуються як відсоткове співвідношення маси зібраного ВЕЕО протягом одного календарного року до середнього обсягу маси електричного та електронного обладнання, що було введено в обіг за три попередні календарні роки.

2. Виробники електричного та електронного обладнання зобов'язані забезпечувати досягнення зазначених мінімальних показників збирання ВЕЕО відповідно до норм, наведених у додатку 4 до цього Закону.

3. При розрахунку зазначених показників не враховуються відходи батарей та акумуляторів, які були вилучені з ВЕЕО.

4. Методика обчислення показників збирання ВЕЕО затверджується центральним органом виконавчої влади, відповідальним за формування державної політики у сфері поводження з відходами [7].

Стаття 21 проекту закону «Про відходи електричного та електронного обладнання» визначає мінімальні цільові показники підготовки до повторного використання, рециклінгу та відновлення ВЕЕО. У документі передбачено, що виробники електричного та електронного обладнання (ЕЕО) зобов'язані досягати мінімальних показників ефективності повторного використання, переробки та відновлення ВЕЕО, як це зазначено у додатку 5 до законопроекту.

У таблиці 4.6 наведено приклад порядку розрахунку відповідних показників.

Таблиця 4.6 - Мінімальні цільові показники зі збирання ВЕЕО

Рік	Введення в обіг (П)	Дані по збиранню (Зб)	Розрахунок показника по збиранню (ПЗб)	Показник по збиранню (ПЗб), %	Вимоги до звітності
Х (набрання чинності Законом)					
Х +1	Продажі у першому році П ₁	-			
Х+2	Продажі у другому році П ₂	-			
Х+3	Продажі у третьому році П ₃	Збирання у третьому році (Зб ₃)			
Х+4	Продажі у четвертому році П ₄	Збирання у четвертому році (Зб ₄)	$ПЗб_4 = [3 * Зб_4 / (П_1 + П_2 + П_3)] * 100$	10	
Х+5	Продажі у п'ятому році П ₅	Збирання у п'ятому році (Зб ₅)	$ПЗб_5 = [3 * Зб_5 / (П_2 + П_3 + П_4)] * 100$	15	ПЗб ₃

	році (Π_5)	році ($З_5$)			
X+n	Продажі у поточном у році n	Збирання у поточному році n	$\Pi_{3n} = [3 * Z_n / (\Pi_{n-3} + \Pi_{n-2} + \Pi_{n-1})] * 100$	65	Π_{3n-2}

n= 6, 7, 8, 9, 10, 11,12, 13, 14, 15....тощо.

Згідно з проектом, обчислення цих показників (у відсотковому значенні) здійснюється як співвідношення маси вихідних фракцій, що пройшли підготовку до повторного використання, рециклінгу або відновлення, до маси усіх ВЕЕО, отриманих для обробки протягом року.

- Вихідна частка — це маса електронних відходів, компонентів або матеріалів, що вже були підготовлені для одного з трьох процесів: повторного використання, рециклінгу чи відновлення.

- Вхідна частка — це маса усіх зібраних ВЕЕО, які передано для підготовки до вищезазначених операцій.

Підготовчі дії — зокрема сортування і зберігання — не враховуються при обчисленні відповідних показників.

Також у законопроекті зазначено, що порядок розрахунку таких показників затверджується центральним органом виконавчої влади, відповідальним за формування державної політики у сфері поводження з відходами [7].

Встановлені мінімальні цільові показники:

Згідно з нормами проекту закону, виробники ЕЕО повинні досягати таких обсягів підготовки до повторного використання, рециклінгу та відновлення:

1. Для категорій 1 та 4 (великогабаритна побутова техніка та обладнання для відтворення зображення):

- 85% маси підлягає відновленню,
- з них 80% – повторному використанню або переробці.

2. Для категорії 2 (малогабаритна побутова техніка):
 - 80% – відновлення,
 - 70% – повторне використання або рециклінг.
3. Для категорій 5 та 6 (освітлювальне обладнання, електроінструменти):
 - 75% – відновлення,
 - 55% – повторне використання або переробка.
4. Для категорії 3 (інформаційно-комунікаційне обладнання):
 - 0% маси має бути направлено на рециклінг.

Станом на 2025 рік конкретні показники зі збирання ВЕЕО навести неможливо.

5 МЕТОДИ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ В УКРАЇНІ

Відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) є відносно новим видом відходів, що робить їх утилізацію актуальною проблемою в усьому світі. Для переробки цих відходів потрібні спеціалізовані технології, оскільки їх не можна просто спалювати. Це пов'язано з тим, що багато компонентів ВЕЕО містять важкі метали та токсичні речовини. Наприклад, звичайний домашній комп'ютер складається як з цінних металів (мідь, срібло, золото), так і з небезпечних елементів (сполуки кадмію, свинцю, цинку, нікелю, ртуті). Крім того, ВЕЕО включають пластмаси, індикатори та рідкокристалічні монітори, загалом понад 90 різних компонентів.

Широке використання різноманітних електротехнічних та електронних приладів, а також їх швидке зношування і моральне старіння (кожні 5 років з'являється нове покоління) призводять до значного накопичення електронних відходів. Ці прилади часто містять деталі, виготовлені за новітніми технологіями з нових матеріалів та речовин, деякі з яких недостатньо вивчені щодо їх впливу на довкілля. Коли такі пристрої виходять з ладу та вилучаються з обігу, утворюється так зване високотехнологічне сміття, яке потенційно може бути класифіковане як небезпечні відходи.

Наразі існують такі методи поводження з електронними відходами:

- захоронення на полігонах побутових відходів;
- довгострокове зберігання на спеціально відведених майданчиках;
- термічна обробка (пірометалургійні операції в поєднанні з гідрометалургійними методами розділення металів або інтегровані пірогідрометалургійні операції);
- відновлення, що включає вилучення та використання цінних компонентів.

5.1 Захоронення на полігонах

Захоронення відходів електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) є вкрай неефективним методом. При такому способі до 70% важких металів з електронних відходів потрапляють у довкілля. Для прикладу, лише одна портативна батарейка здатна забруднити 20 квадратних метрів ґрунту або 400 літрів води. Крім того, через наявність полібромованих дифенілів у ВЕЕО, захоронення на полігонах є небажаним, щоб запобігти вилугованню мікрочастинок, що містять полібромовані дифеніли.

Тривале складування ВЕЕО на полігонах призводить до метаболічних перетворень домішок у низькомолекулярних речовинах (окислення, гідроліз, відновлення) з подальшою кон'югацією (біохімічний синтез дезактивованих або токсичних сполук). При контакті з біосередовищами в певних погодних умовах відбуваються взаємозалежні процеси руйнування полімерного матеріалу. Взаємодія з живими організмами спричиняє багатостадійний процес міграції низькомолекулярних речовин на межі розділу з біологічним середовищем, що триває від кількох годин до багатьох місяців.

Полівінілхлорид (ПВХ) не можна захоронювати на сміттєзвалищах, оскільки ця речовина не розкладається в ґрунті, а при її вилугованні утворюються токсичні речовини, такі як хлористий вініл та фталати. Накопичення таких відходів може супроводжуватися виділенням у довкілля суміші шкідливих хімічних речовин, включаючи ті, що використовуються в процесі їх виробництва (полівінілхлорид, ізопропанол, ізоаліфатичні вуглеводні, діоктилфталат, азодикарбонат). Полімерні матеріали, що є складовими ВЕЕО, є діелектриками; при терті на їх поверхні можуть накопичуватися заряди статичної електрики, що нерідко досягають десятків кіловольт. Це, своєю чергою, призводить до утворення електричних полів, зміни іонного складу та електропровідності повітря, що може стати причиною пожеж. Пожежі, крім іншого, виділяють у повітря цілий комплекс хімічних забруднювачів — продуктів горіння.

5.2 Термічний метод

Термічний метод застосовується для видалення певних полімерних компонентів ВЕЕО. Однак цей метод є небезпечним при наявності ПВХ у складі ВЕЕО та потребує значних фінансових вкладень і будівництва спеціальних камер. При термічній утилізації хлорвмісних полімерних матеріалів, залежно від температури в камері згорання, у навколишнє середовище можуть потрапляти стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) та такі токсиканти, як формальдегід, хлористий водень, етилен, пропілен, вуглекислий газ, парафіни, діолефіни, феноли, сірковуглець тощо.

Додатковим джерелом надходження полібромованих дибензо-р-діоксинів або фуранів у довкілля є спалювання відходів, що містять полібромовані дифеніли. Викиди в повітря, скиди у воду, а також викиди, пов'язані із залишковими продуктами від неперероблених відходів, є побічними продуктами функціонування сміттєспалювальних підприємств і можуть становити ризик для здоров'я людей. Потенційний ризик для здоров'я становлять забруднюючі речовини, що викидаються в повітря через димові труби, зокрема діоксини та фурани, леткі важкі метали (ртуть, кадмій, свинець), кислотні гази (HCl, HF, SO₂), а також тверді частки. Вплив цих речовин може відбутися внаслідок їх надходження в дихальну або травну систему з ґрунту чи води. Надходження речовин у воду відбувається внаслідок скидання стічних вод під час очищення димових газів, і може вплинути на людей після контакту з водою з цих водойм. Залежно від продуктів, що утворюються при спалюванні, характер токсичної дії на людину може бути задушливим, нейротоксичним, загальнотоксичним тощо.

При процесах спалювання на сміттєспалювальних підприємствах утворюються залишкові продукти, що включають золу (або шлак) та більш токсичні відходи обробки димових газів. Наприклад, зольний залишок може бути використаний у будівництві як наповнювач у матеріалах дорожнього покриття. Однак такі відходи, як кінцеві продукти очищення димових газів,

вважаються небезпечними. Потенційно в довкілля можуть потрапляти такі забруднюючі речовини, як важкі метали (кадмій, нікель, мідь, цинк, свинець), що містяться в залишках непереробленого сміття, включаючи зольний залишок і, особливо, залишки, що виникають у процесі обробки димових газів.

5.3 Відновлення ВЕЕО з використанням цінних складових елементів

З технічної точки зору, наявні сьогодні в Україні технології відновлення електронних відходів є доволі простими, а подекуди навіть примітивними. Вони включають кілька варіантів або їх поєднання:

- виплавка дорогоцінних металів з окремих комплектуючих, де ця операція є достатньо простою та рентабельною;
- відокремлення металевих частин (корпусів, радіаторів, кабелю, обмоток трансформаторів тощо) та їх продаж як металобрухту;
- в окремих випадках піроліз або спалювання горючої частини. При цьому залишається значна частка неутілізованого залишку, який, ймовірно, подрібнюється без будь-якого сортування та відправляється на полігон твердих побутових відходів.

Таким чином, існує ризик, що сучасні технології переробки, які застосовуються в Україні, залишаються екологічно небезпечними.

При відновленні електронних відходів розглядають дві основні категорії: відновлення компонентів та відновлення матеріалів. Існує декілька методів відновлення цих відходів: демонтаж, механічний метод, гідрометалургійний метод, піролітична обробка.

5.3.1 Демонтаж

Демонтаж є невід'ємною частиною процесу утилізації електронних відходів. Він може здійснюватися на кількох рівнях:

- виробниками обладнання (ОЕМ) для відновлення дефектних або надлишкових компонентів з метою їх повторного використання чи заміни;
- спеціалізованими підрядниками, які виконують цю функцію для виробників;
- компаніями з переробки або демонтажу для подальшого продажу матеріалів на вторинному ринку.

ОЕМ (Original Equipment Manufacturer) — це компанія, що збирає кінцевий продукт, використовуючи типові комплектуючі, які можуть бути кастомізовані під конкретного споживача. Постачальника цих комплектуючих називають ОЕМ-постачальником.

Більшість операцій з демонтажу досі виконуються вручну, що створює обмеження через високі трудовитрати. Проте, були спроби розробки технологій механічного, автоматизованого та роботизованого демонтажу з метою скорочення витрат на працю та поліпшення умов праці. Зокрема, Австрійське товариство системних розробок та автоматизації (SAT) розробило методику автоматизованого демонтажу компонентів.

Ця методика спочатку використовується для демонтажу дорогих компонентів, але є потенціал для її розширення на інші компоненти. Компанія SAT вважає, що ручний демонтаж є часо- та фінансово затратним і не матиме широкого застосування в майбутньому, враховуючи, що обсяги електронних відходів у Європі (за оцінками SAT на 2008 рік) становили 400 тис. тонн на рік.

Технологія SAT передбачає автоматичний пошук та видалення припою за допомогою подвійного лазерного променя, після чого вибрані компоненти знімаються вакуумним пінцетом. Операція демонтажу компонентів включає такі етапи:

- пошук:зчитування ідентифікуючих даних усіх компонентів; зчитування бази даних компонентів, що зберігаються на складі, для визначення їхньої вартості та потреби;
- визначення:процес визначення способу паяння або монтажу ідентифікованих компонентів;

- демонтаж:зняття вибраних компонентів роботом протягом 3–5 секунд;
- видалення припою:за допомогою лазера або інфрачервоного випромінювання, методом, визначеним для конкретного типу корпусу компонента.

Також було розроблено обладнання для зняття компонентів за конвеєрним принципом, що включає нагрів інфрачервоним випромінюванням та струшування компонентів з плати за допомогою ударних валиків.

5.3.2 Механічний метод

Основна перевага механічного методу полягає в сухому режимі роботи без використання хімічних речовин, тоді як "мокрі" процеси з реагентами створюють загрозу для довкілля. Основи технології механічної переробки електронних відходів запозичені з технологій збагачення гірських руд та адаптовані до процесів утилізації електроніки. Механічні системи націлені передусім на збільшення ефективності розділення відходів на різні фракції.

На сьогоднішній день серійно виробляються системи механічної переробки для утилізації різноманітних електронних матеріалів, які включають такі етапи:

1. первинне подрібнення:великі фракції подрібнюються за допомогою шредера з обертовими ножами різного призначення;
2. відділення чорних металів:великі фракції чорних металів відокремлюються за допомогою потужних магнітів, розташованих над вібруючим конвеєром;
3. подрібнення в порошок:відходи перетворюються на порошок у кульовому млині, де використовуються зносостійкі кульоподібні елементи;
4. просіювання:використовуються самоочищувані сита для просіювання матеріалу;
5. електростатичне розділення:дозволяє фактично завершити розділення металевих фракцій шляхом рециркуляції часток середнього розміру;

6. подальше зменшення розміру:вторинне подрібнення в порошок для зменшення розміру великих часток.

5.3.3 Гідрометалургійний метод

Гідрометалургійні методи традиційно застосовуються для відновлення золота з контактних поверхонь роз'ємів. Золото вивільняється або у вигляді металевих лусочок шляхом розчинення мідних підкладок у кислоті, або через розчинення самого золота в розчинах на основі ціаніду чи тіомочевини з подальшим електролітичним осадженням або хімічним заміщенням за допомогою цинку.

Проведені дослідження також вивчали можливість використання розбавлених неорганічних кислот у поєднанні з подальшими технологіями відновлення металів, такими як концентраційне розділення, екстракція, іонний обмін тощо. Розроблений ряд гідрометалургійних методів та експериментальних установок для переробки відходів продемонстрували потенційну прибутковість у процесі переробки ВЕЕО — приблизно 200 доларів США за тонну, без урахування вартості утилізованих дорогоцінних металів. Важливо зазначити, що гідрометалургійний підхід є чудовою альтернативою переплавці відходів і дозволяє досягти вищого виходу відновлених металів.

5.3.4 Піролітична обробка

Піролітична обробка зазвичай включає спалювання та плавлення подрібненої сировини при температурі 1200°C. Цей процес вимагає невеликої кількості викопного палива, оскільки більша частина енергії виробляється за рахунок згоряння органічних компонентів. При цій температурі органічні складові відходів згорають, а утворені гази направляються в камеру допалювання з температурою 1400°C. Залишок від спалювання, так званий "чорний метал", зазвичай багатий на мідь. При подальшому електролітичному

очищенні та хімічній обробці анодного осаду виділяють мідь та інші компоненти, зокрема дорогоцінні метали.

Сучасні технології утилізації ВЕЕО дозволяють не спалювати їх повністю, а переробляти в готові вироби. Наприклад, компанія FUBA комерціалізувала метод виділення від 92% до 95% металів з відходів порожніх друкованих плат. Це досягається за рахунок використання механічних та гідрометалургійних методів розділення, які включають подрібнення, гранулювання, магнітне розділення, класифікацію та електростатичне розділення.

Бурхливий розвиток електроніки призводить до постійного збільшення кількості відходів. Плати, що містять дорогоцінні метали, мають найбільшу цінність серед електронних відходів. У платах та мікросхемах використовується багато дефіцитних сьогодні дорогоцінних металів. Мобільні телефони та інші електронні пристрої містять відносно значні обсяги таких дорогоцінних металів, як срібло, золото тощо.

Оскільки стрімкий розвиток технологій та промисловості висуває нові вимоги до обсягу сировини, що часто супроводжується значними фінансовими витратами через високі ціни на природні мінерали, це призвело до розвитку комерційної інфраструктури. Ця інфраструктура збирає плати, сортує їх за вмістом дорогоцінних металів та відновлює шляхом переплавки у плавильних печах. Експерти стверджують, що сучасні високотехнологічні способи утилізації дозволяють відновлювати близько 95% дорогоцінних металів з електронних відходів.

Незважаючи на існування інфраструктури з утилізації (переробки) електронних відходів, у країнах, що розвиваються, близько 25% золота втрачається при демонтажі, а в розвинених країнах — 50%. Таким чином, лише 10-15% золота вилучається з електронних відходів, а щонайменше 85% втрачається [24]. Більшість відходів плат (близько 85%) все ще вивозяться на сміттєзвалища, що призводить до нераціональних втрат обмежених матеріальних ресурсів і, крім того, створює значне навантаження на довкілля.

Створення ефективної інфраструктури з утилізації (переробки) електронних відходів дозволить не лише уникнути загрози негативного впливу на навколишнє середовище, але й отримати економічну вигоду. Хоча за останні п'ять років вартість електронних компонентів значно знизилася, все ж існує значний попит на відновлені компоненти, і тому зменшення навантаження на довкілля набуває великого значення. В Основних засадах (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2030 року зазначено, що для вдосконалення природоохоронної діяльності підприємств необхідно сприяти вирішенню питань щодо виконання програм збору та утилізації продукції після завершення терміну її використання, забезпечення інформування населення про вплив виробничої діяльності на стан довкілля тощо [25].

Для оцінки безпеки обраного методу поводження з електронними відходами необхідно враховувати хімічні, біологічні та фізико-хімічні фактори, що присутні при використанні кожної з обраних технологій. Ці врахування повинні бути відображені при вдосконаленні нормативно-правової документації щодо поводження з електронними відходами.

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

ВИСНОВКИ

Електричне та електронне обладнання (ЕЕО) – це пристрої, які для своєї функціональної роботи потребують електричного струму або електромагнітного поля. До цієї категорії також належить обладнання, що використовується для генерації, передавання або вимірювання електричних струмів і полів, і яке призначене для експлуатації при номінальній напрузі до 1000 вольт змінного струму або до 1500 вольт постійного струму. Таке обладнання може живитися як від мережі, так і від акумуляторів, батарей чи батарейок.

В Україні триває процес реформування системи управління відходами, який включає як розробку власних механізмів, так і адаптацію до досвіду країн Європейського Союзу, зокрема щодо поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО).

Наразі в Україні діє низка нормативно-правових актів, що регулюють управління відходами:

- Угода про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, ратифікована Законом України № 1678-VII 16 вересня 2014 року;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закон України «Про управління відходами»;
- Закон України «Про металобрухт»;
- Закон України «Про систему громадського здоров'я»;
- Закон України «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції»;
- Закон України «Про загальну безпечність нехарчової продукції»;

- Постанова КМУ №139 від 10.03.2017 «Про затвердження Технічного регламенту обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні».

На розгляді Верховної Ради України знаходиться проект Закону України «Про відходи електричного та електронного обладнання».

В системі управління відходами існує декілька класифікацій ВЕЕО, які визначаються різними параметрами та властивостями. Класифікація відходів електричного та електронного обладнання відповідно Директиві 2012/12/ЄС, виділяє 6 категорій ЕЕО за розмірами і функціональним типом відходів. Класифікація ВЕЕО за Національним класифікатором відходів виділяє групи, підгрупи та види відходів, які подляються на небезпечні, що позначаються зірочкою, та такі, що не є небезпечними. Кожен вид відходів має шестизначний код. В Порядку класифікації відходів визначено підгрупу 16 02 «Відходи електричного та електронного обладнання». Крім того, відходи ЕЕО відносять до підгруп 20 01 «Окремо зібрані фракції (за винятком 15 01)». До категорії «небезпечні» віднесено 9 видів відходів ЕЕО, такі як 20 01 21* «Люмінесцентні лампи та інші ртутьвмісні відходи», 20 01 23* «Відходи обладнання, яке містить хлорофторовуглець», 20 01 35* «Відходи електричного та електронного обладнання інші, ніж зазначені за кодами 20 01 21 та 20 01 23, що містять небезпечні компоненти». До категорії «такі, що не є небезпечними» віднесено такі відходи, як 20 01 36 «Відходи електричного та електронного обладнання інші, ніж зазначені за кодами 20 01 21, 20 01 23 и 20 01 35».

У статті 10 ЗУ «Про управління відходами» передбачено впровадження розширеної відповідальності виробника для таких категорій продукції, як електроніка, батареї, акумулятори тощо. Розширена відповідальність охоплює всі етапи життєвого циклу продукції – від виготовлення до її збору та оброблення після використання.

Ключові аспекти управління ВЕЕО, що регламентуються законом:

- визначення правових і економічних основ розміщення електроніки на ринку;

- регулювання виконання зобов'язань виробників;
- поліпшення екологічних характеристик продукції для спрощення її демонтажу та утилізації;
- впровадження ієрархії управління відходами: запобігання → повторне використання → рециклінг → відновлення → утилізація;
- встановлення вимог до процесів збору, перевезення, зберігання та перероблення ВЕЕО;
- встановлення мінімальних цільових показників для збору та ефективності рециклінгу;
- використання найкращих доступних технологій;
- розширення обізнаності громадян щодо екологічно безпечного поводження з ВЕЕО;
- створення електронної системи реєстрації виробників, операторів РВВ та підприємств, які здійснюють поводження з відходами;
- встановлення чіткої відповідальності за порушення законодавства у сфері ВЕЕО.

На основі офіційних статистичних даних Державної служби статистики України було здійснено розрахунок кількості дорогоцінних металів, які містяться у відходах електричного та електронного обладнання (ВЕЕО), у середньому на 100 домогосподарств станом на 2020 рік.

Аналіз поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) в Україні виявив наступні проблеми:

1. Неврахованими в законодавстві України є положення Директиви 2002/96/ЄС щодо:

- Заохочувальних заходів з боку держави щодо розробки та виробництва ЕЕО з урахуванням можливостей його демонтування та відновлення, а особливо повторне використання й переробку ВЕЕО, їх компонентів і матеріалів (ст. 4);
- Впровадження для позбавлення від ВЕЕО обов'язкового сортового збору електронних відходів для всіх власників та дистриб'юторів, включаючи

приватні домашні господарства (ст. 5);

- Введення обробки ВЕЕО, яка повинна включати видалення всіх рідин і вибірково обробку згідно з відповідними технічними вимогами (ст. 6 та Додатки II, III);

- Створення виробниками або третіми особами, які діють від їх імені, системи відновлення ВЕЕО з дотриманням планових показників (ст. 7);

- Інформування користувачів ЕЕО про систему збору та повернення відходів від цього обладнання, їх роль у повторному використанні, переробці та інших формах відновлення ВЕЕО, про потенційний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей в результаті присутності небезпечних речовин в ЕЕО (ст. 10);

- Вимог до маркування ВЕЕО (п.3 ст.10 та Додаток IV);

- Надання виробниками інформації про повторне використання та обробку для кожного типу нового ЕЕО, розміщеного на ринку протягом одного року після того, як обладнання розміщене на ринку, для центрів повторного використання, пунктів обробки й переробки (ст. 11).

- Ведення державного реєстру виробників та інформації, включаючи обґрунтовану щорічну оцінку кількості і категорій ЕЕО, розміщеного на ринку, зібраного через всі напрямки повторного використання, перероблення та відновлення в межах держави, зібраних експортованих відходів, за вагою або, якщо це неможливо, за кількістю (ст. 12).

Аналіз поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) в Україні виявив серйозні проблеми. Головна з них — відсутність єдиного визначення та класифікації ЕЕО, аналогічної європейським нормам (наприклад, Директиві 2002/96/ЄС). Це значно ускладнює їх облік, оцінку та моніторинг, що, своєю чергою, перешкоджає повноцінному аналізу впливу ВЕЕО на довкілля та здоров'я людей.

Виявлені проблеми:

1. Відсутність єдиного визначення: В Україні досі немає всеосяжного визначення категорії "електричне та електронне обладнання", чіткого переліку таких товарів та їхніх відходів, як це передбачено в Євросоюзі.

2. Нечітка класифікація: ЕЕО класифікується у різних групах Національного переліку відходів, Державного класифікатора продукції та послуг, а також Державного класифікатора зовнішньоекономічної діяльності. Це створює плутанину та ускладнює збір і аналіз даних.

3. Відсутність обліку: Через відсутність чіткого визначення електронних відходів у нормативних документах неможливо вести їх первинний облік та збирати статистичну інформацію.

4. Облік лише окремих видів відходів: Наразі облік ведеться лише для деяких категорій, таких як люмінесцентні лампи та акумулятори, ігноруючи більшість ВЕЕО.

5. Недостатній моніторинг: Відсутній систематичний моніторинг щодо утворення, складу та обсягу ВЕЕО.

Наслідки цих невіршених проблем:

1. Брак інформації про кількісні та якісні показники поводження з ВЕЕО ускладнює оцінку екологічної небезпеки та прийняття ефективних рішень щодо управління цими відходами.

2. Недостатній облік та моніторинг ВЕЕО може призвести до їхнього неконтрольованого зберігання та утилізації, що матиме значний негативний вплив на навколишнє середовище.

Незважаючи на те, що в Україні існують технології переробки відходів ЕЕО, лише три підприємства на сьогодні приймають на переробку окремі види відходів ЕЕО, які мають дозвіл на їх оброблення, але немає жодного, яке здійснювало б комплексну переробку відходів електричного та електронного обладнання з вилученням ресурсоцінних матеріалів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. The Global E-waste Monitor 2024. *E-Waste Monitor*. URL: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/> (date of access: 03.06.2025).
2. Global e-waste generation outlook 2030 | Statista. *Statista*. URL: <https://www.statista.com/statistics/1067081/generation-electronic-waste-globally-forecast/> (date of access: 27.05.2025).
3. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення / ред. О. Цигульова. Київ : Всеукр. екол. громад. орг. «МАМА-86», 2013. 172 с. URL: https://www.irf.ua/files/ukr/programs/euro/survey_final.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
4. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 15 листоп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 26.05.2025).
5. Про комплексне запобігання та контроль забруднень: Директива 2008/1/ЄС Європейського Парламенту та Ради ЄС від 15 січня 2008 року. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/1/oj/eng>
6. Про батареї і акумулятори: Проєкт Закону від 30.10.2019 р. № 2352. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=67236.
7. Про відходи електричного та електронного обладнання: Проєкт Закону від 30.10.2019 р. №2350. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=67234.
8. Главацька Л. Ю. Аналіз системи поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. 2021. № 1(23). С. 102–108. URL: [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1\(23\)-102-108](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2021-1(23)-102-108) (дата звернення: 29.05.2025).
9. Torretta V., Ragazzi M., Istrate IA. Management of waste electrical and

electronic equipment in two EU countries: A comparison. *Waste Manag.* 2013. С.117-22 с.

10. Stenvall E., Tostar S., Boldizar A., Foreman MR., Möller K. An analysis of the composition and metal contamination of plastics from waste electrical and electronic equipment: (WEEE). *Waste Manag.* 2013. pii:S0956-053X(13)00002-0.

11. Wäger PA., Schlupe M., Müller E., Gloor R. RoHS regulated substances in mixed plastics from waste electrical and electronic equipment: *Environ Sci Technol.* 2012 Jan 17;46 (2):628-35.

12. Розширена відповідальність виробника (РВВ). *Expra*. URL: https://conference.chamber.ua/assets/files/main_rbb_expra.pdf (дата звернення: 03.06.2025).

13. Статистика та реєстри | Державна Митна Служба. *Державна Митна Служба*. URL: <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri> (дата звернення: 03.06.2025).

14. ПРОМИСЛОВІСТЬ УКРАЇНИ У 2016–2020 РОКАХ / ред. І. Петренко. Київ : Держ. служба статистики України, 2021. 296 с. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/12/zb_prom_16_20.pdf (дата звернення: 04.06.2025).

15. Наявність у домогосподарствах окремих товарів тривалого користування: Держстат України. URL:

http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/gdv/dg/ndtt_rik/arh_Ndtt_rik_u.htm.

16. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо обліку дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння, дорогоцінного каміння органогенного утворення та напівдорогоцінного каміння, виробів з них та матеріалів, що їх містять : Наказ від 15.09.2015 № 780.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0780201-15#Text> (дата звернення: 01.06.2025).

17. Скорик О. О. Формування економічного механізму управління електронними відходами в Україні. *Ефективна економіка*. 2017. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5433> (дата звернення:

05.06.2025).

18. Бучка А. Класифікація відходів електричного та електронного обладнання за ознакою екологічної небезпеки. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2024. Т. 337, № 3(2). С. 265–272. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-40> (дата звернення: 05.06.2025).

19. Архів курсів - Курси банківських дорогоцінних металів. *Ставки, індекси, тарифи*. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/exchange/archive/bullion/> (дата звернення: 05.06.2025).

20. Іщенко В. Поводження з небезпечними компонентами побутових відходів у Вінницькій області. *Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ*, м. Вінниця, 23–24 берез. 2016 р. URL: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2016/paper/view/1055> (дата звернення: 05.06.2025).

21. Приходько В.Ю., Сафранов Т.А. Ресурсоцінна складова твердих побутових відходів окремих регіонів України: монографія. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2024. 101 с.

22. 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». Тем. вип. Нові рішення в сучасних технологіях. 2012. №34. С. 124–130. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Natural/vcpi/NRvST/2012_34/index.htm.

23. Pankoon I. M. S. K., Dilshan R. A. D. P., Dushyantha N. Co-processing of e-waste with natural resources and their products to diversify critical metal supply chains. *Minerals Engineering*. 2024. Vol. 211. P. 108706. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2024.108706> (date of access: 05.06.2025).

24. 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.-172с.

25. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до

2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 05.06.2025).

26. Rastorhuieva N. Key stages of adapting the *acquis communautaire* to Ukraine's legal system: a historical overview. *ScienceRise: Juridical Science*. 2024. No. 2 (28). P. 12–21. URL: <https://doi.org/10.15587/2523-4153.2024.309413> (date of access: 05.06.2025).