

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра екології та природозахисних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього  
середовища»

Тема роботи: Технології переробки електронних відходів та лому

Виконав:  
студент Прокопенко Р.О

Керівник:  
асистент, Бурла О.А

Залікова книжка  
№ 19510081

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Підпис: \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:  
доцент, Васькін Р.А.

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Захищена з оцінкою  
\_\_\_\_\_  
оцінка, дата

Секретар ЕК  
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
**Кафедра екології та природозахисних технологій**  
**зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього**  
**середовища»**

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові \_\_\_\_\_ Прокопенку Руслану Олександровичу  
Група ТС-91

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології переробки електронних відходів та ЛОМУ.
2. Вихідні дані: Закон України «Про охорону праці»; Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 05.11.2015 №145; ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. «Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення».
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: 1 таблиць, 2 рисунків.
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 30.03.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_

асистент, к.т.н., Бурла О.А.

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.* Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 40 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 65 с., у тому числі 4 таблиць, 6 рисунків, список використаних джерел 5 сторінок.

*Мета роботи* – проаналізувати ефективність засобів переробки електронних відходів і лому та надати методичні рекомендації що до їх вибору.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

– проаналізувати теоретико-методичні аспекти переробки електронного лому в Україні та за кордоном, виявити тенденції в галузі поводження з електронними відходами;

– провести аналіз практик та оцінку ефективності технологій переробки електронного лому;

– розробити методичний підхід, щодо вибору напряму переробки електронного лому.

*Об'єкт дослідження* – тенденції та технології переробки електронних відходів.

*Предмет дослідження* – засоби переробки електронного лому.

У кваліфікаційній роботі розроблені методичні рекомендації, що до визначення засобів переробки електронних відходів і лому та проаналізовано їх ефективність.

*Ключові слова:* ЕЛЕКТРОННІЙ ЛОМ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ЗАСОБИ ПЕРЕРОБКИ, ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ, ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	5
Вступ.....	6
Розділ 1 Теоретико-методичні підходи переробки електронних відходів.....	8
1.1 Класифікація електронних відходів і лому.....	8
1.2 Технології переробки електронних відходів і лому за кордоном.....	12
1.3 Сучасний стан переробки електронних відходів і лому в Україні.....	20
Розділ 2 Аналіз ефективності технологій переробки лому друкованих плат.....	29
2.1 Проблема збору лому друкованих плат.....	29
2.2 Оцінка економічної ефективності пірометалургійного засобу переробки лому друкованих плат .....	36
2.3 Оцінка економічної ефективності механічного засобу переробки лому друкованих плит у поєднанні з гідрометалургійною обробкою .....	40
Розділ 3 Розробка методичного підходу до вибору засобу переробки електронних відходів і лому .....	43
3.1 Алгоритм вибору засобу переробки електронних відходів і лому.....	43
3.2 Ефективність проекту з переробки лому друкованих плит.....	48
Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на виробництві в надзвичайних ситуаціях .....	53
4.2 Дія персоналу підприємства під час вибуху парів легкозаймистої речовини.....	58
Висновки.....	60
Перелік джерел посилання.....	61

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВЕЕО – відходи електронного та електротехнічного обладнання;

СЕО – система екологоекономічного обліку;

НДТ – найкращі доступні технології;

СЕМ – системи екологічного менеджменту

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510081	Арк
						5
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВСТУП

В умовах майбутньої глобальної цифровізації економіки, процесів та послуг різко збільшується кількість експлуатованого електричного та електронного обладнання, що безпосередньо веде до зростання обсягів електронних відходів та виникнення проблем їх переробки.

У розвинених країнах світу проблемі рециклінгу електронних відходів, містять рідкісні, благородні та кольорові метали надають особливого значення. Отримання дорогоцінних металів із вторинної сировини є оптимальним шляхом вирішення низки економічних, технологічних та екологічних завдань:

- залучення у виробничу діяльність цінних та рідкісних металів;
- скорочення енерговитрат на виробництво цінних та дефіцитних металів;
- зниження негативного впливу відходів на довкілля.

Перехід до ринкової економіки призвів до зупинення та ліквідації тисяч нерентабельних виробництв та утворення на їх місці багатьох сотень тисяч тонн металобрухту. Відходи, що утворилися, з одного боку, завдають величезної шкоди навколишньому середовищу, з іншого – представляють собою найцінніші ресурси, за вмістом корисних компонентів у сотні та тисячі разів перевершують природні джерела.

Особлива роль дорогоцінних металів обумовлена місцем, яке вони займають у фінансовій системі окремих держав та світової спільноти в цілому. Використання вторинної металовмісної сировини у сучасному світовому виробництві металів швидко та неухильно зростає.

Причому через зростання цін на сировину та енергію рециклів відпрацьованих техногенних продуктів може розглядатися ефективнішим, ніж використання первинної сировини.

У сучасних умовах підприємствам для стійкого та максимально ефективного функціонування необхідно удосконалювати підходи, пов'язані зі

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						6

стратегічним управлінням, а також адаптувати існуючі методи, механізми та технології функціонування. Одним з напрямів удосконалення конкурентної стратегії може стати запровадження диверсифікації, пов'язаної з комплексним використанням сировин.

У зв'язку з цим актуальним напрямком є необхідність визначення рівня залучення у виробничий цикл утилізованих компонентів електронних відходів як сировина та матеріали.

*Мета роботи* – проаналізувати ефективність засобів переробки електронних відходів і лому та надати методичні рекомендації що до їх вибору.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено такі *завдання*:

- проаналізувати теоретико-методичні аспекти переробки електронного брухту в Україні та за кордоном, виявити тенденції в галузі поводження з електронними відходами;
- провести аналіз практик та оцінку ефективності технологій переробки електронного лому;
- розробити методичний підхід, щодо вибору напрямку переробки електронного лому.

*Об'єкт дослідження* – тенденції та технології переробки електронних відходів.

*Предмет дослідження* – засоби переробки електронного лому.

Інв.№подел.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

					ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		7

# РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНИ ПІДХОДИ ПЕРЕРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ

До відходів електронного та електротехнічного обладнання (ВЕЕО) відносяться всі пристрої, що втратили споживчі властивості, чия робота залежить від електричного струму та/або електромагнітного поля. У світовій практиці для позначення цієї групи відходів використовуються аббревіатури WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) або E-waste.

Існує більше 650 типів продуктів, крім того, кожен продукт має багатокомпонентну структуру та різний склад дорогоцінних металів. До дорогоцінних металів відносяться: золото, срібло, платина, паладій, родій, іридій, рутеній, осмій, а також сполуки цих металів [2].

Згідно з директивою Євросоюзу, ОЕЕО розділені на 6 основних потоків: велика побутова техніка, мала побутова техніка, холодильне та кліматичне обладнання, ІТ та споживча електроніка, монітори/ТВ, ртуть містять лампи [1].

## 1.1 Класифікація електронних відходів і лому

Проблеми збору, обліку та технічного рівня переробки вторинного сировини, що містить шляхетні метали, багато в чому пов'язані з класифікацією цієї сировини. Склад відходів, зокрема, брукт електронної та електротехнічної промисловості, дуже різноманітний і різко коливається, внаслідок чого класифікація такого брукту пов'язана з великими труднощами. Поряд із благородними металами (золотом, сріблом, платиною, паладієм, родієм, рутенієм, іридієм, осмієм) та багатьма кольоровими металами і сплавами в ньому присутні включення сталі, чавуну, алюмінію та неметалічні складові (кераміка, гума, скло, пластик, гетенакс та ін).

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

						ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			8



На даний час немає єдиної класифікації вторинного сировини, що містить шляхетні метали. Нижче представлені можливі класифікації за даними джерел [2; 4].

За змістом благородних металів:

- бідна сировина (менше 1% золота, 5% срібла та 1% металів платинової групи);
- багата сировина (понад 1 % золота, 5 % срібла та 1 % металів платинової групи).

В оглядовій інформації проблеми переробки електронного брухту, містить дорогоцінні метали з електронної бібліотеки WASTE представлений інший варіант класифікації за змістом дорогоцінних металів:

- бідна сировина, що сумарно містить шляхетні метали до 10 % (в основному це матеріали з неметалевими носіями, наприклад, матеріали футерування печей для виробництва скла або елементи з металевими носіями, наприклад, контакти, плаковані матеріали, відходи обробки виробів з благородних металів та їх сплавів та ін.);
- багате, що сумарно містить шляхетні метали більше 10 % (це концентрати і золи, що утворюються як проміжні продукти при переробці відходів; металеві залишки, які утворюються під час виробництва електричних контактів; утворюються в процесі електролізу шлами та ін.).

За складом матеріалу основи:

- на металевій основі;
- на органічній (пластиковій) основі;
- на керамічній основі;
- на комбінованій основі.

Цього принципу класифікації дотримуються багато зарубіжних фірми, наприклад, німецький концерн Heraeus.

Інший варіант класифікації за складом матеріалу:

- вторинна сировина на неметалевій основі;
- відходи хімічної промисловості (керамічна основа);

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510081				Арк
									9
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

- покриття з благородних металів на носіях з кольорових металів;
- тонкі покриття із шляхетних металів на носіях із чорних металів (сталь, чавун та ін.).

За фізичними ознаками виділяють:

- тверді компактні відходи;
- сипучі (порошки);
- рідкі.

Залежно від місця освіти:

- ювелірної промисловості;
- хімічна промисловість;
- електронної, електротехнічної та оборонної промисловості (радіолампи, роз'єми, мікросхеми, радіодеталі, кабелі та проводи, акумулятори, елементи живлення, інші відходи);
- побутових відходах (брухт побутової радіоелектронної апаратури, побутовий скляний та фарфоровий бій, брухт ювелірних прикрас тощо).

Джерела вторинної сировини, що містять дорогоцінні метали, пропонується поділити на дві групи:

- традиційні (брухт та відходи ювелірного виробництва, фотоматеріалів, відпрацьовані та браковані каталізатори, що містять платину, відходи лабораторного посуду та ін.);

- нетрадиційні (брухт та відходи електротехнічного та електронного виробництва, що містять дорогоцінні, рідкісні метали, а також напівпровідники) [5].

За зарубіжною класифікацією електронні відходи поділяються на три групи [6]:

- група 1 – металеві відходи, як правило, на основі міді та її сплавів із вмістом благородних металів до 5% (відходи прокатки, плакування та штампування, незапечатані в капсулах транзистори, масивні позолочені шайби, фольга, дроти);

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

– група 2 – дво- або багат шарові матеріали з кольорових металів або сплавів, які покривають різними способами тонким шаром благородних металів (з вмістом менше 5%);

– група 3 – матеріали, з'єднані із пластиком, керамікою, склою та іншими компонентами (транзистори, укладені в капсули з кремнійорганічних полімерів, плати з друкованим монтажем, частини комутаційних систем, струмопровідні та резистивні пасти на основі срібла, паладію та рутенію).

З брухту радіотехнічних та електронних (побутових та військових) виробів при вторинній переробці витягують дорогоцінні метали. Це, перш за все, золото, срібло, платина та паладій.

Вторсировина, що містить дорогоцінні метали, класифікують за технологічної сутності (початковому призначенню, порядковому утворенню відходів) компонентів, що входять до партії [7].

Відходи можна класифікувати за елементним складом та інших ознак. При цьому електронний брухт відрізняється особливим різноманіттям складу та інших фізико-хімічних характеристик. На підставі досліджень та отриманих статистичних даних Лолейт Сергієм Ібрагімовичем у докторській дисертації було сформовано 6 груп за ознаками походження сировини. Насамперед для вирішення проблеми розробки найефективнішого способу переробки багатокomпонентного електронного брухту.

Даний розподіл на 6 груп не означає їх незмінності. Для кожної групи існують свої особливості, але в переробку зазвичай надходить скрап різного складу. Таким чином, електронний брухт може мати такий низький вміст благородних металів, що його переробка лише з метою вилучення благородних металів буде неефективна. Тому потрібно оцінювати в комплексі вміст компонентів, що в свою чергу може розширити асортимент продукції, що випускається.

Лом електронних систем військової техніки не багатий на золото, це говорить про те, що вилучення лише золота буде не вигідним. Тому для цієї групи

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

доцільно вилучення інших кольорових металів, таких як мідь, вміст якого досягає 21,11% і олова із вмістом 12,41%.

При переробці друкованих плат найвигіднішим буде витяг міді (23,04%). Вміст міді за обсягом у цій групі займає другий місце після групи елементів із функціями перемикачів. Афінаж срібла буде рентабельним, оскільки вміст срібла (2,50%) досить високий.

Показник у 0,27% золота є високим, і дозволяє вважати вигідним вилучення даного компонента.

У транзисторних та скляних ізоляторах є золото з найвищим відсотковим вмістом – він становить 1,00 %. Це свідчить, що цей вид сировини дуже вигідно переробляти щоб одержати досить великої кількості кінцевого продукту (чисте золото). Але водночас у цьому складі досить низький вміст срібла (0,2 %), тому витяг срібла з цього складу не вигідно. Крім того, дуже низький вміст міді у цій категорії сировини (1,31%). Звідси виникає питання про електролітичне рафінування складу з отриманням катодної міді

Як уже було сказано, у групі елементи з функціями перемикачів вміст міді займає лідируючу позицію щодо міді, порівняно з іншими групами (33,0%). У складі вкрай низький вміст золота (0,01%), але високий вміст заліза (35,26%). Отже, у цій групі в технологіях варто наголошувати на переробці міді та виділенню заліза на стадії підготовки. Змішаний брухт електронних приладів має подібний склад.

У групі ЕОМ найбільш рентабельним є вилучення срібла, оскільки його склад становить близько 3%.

У зв'язку з цим, можна зробити висновок про те, що електронний брухт відноситься до неоднорідної поліметалічної сировини.

## 1.2 Технології переробки електронних відходів і лому за кордоном

Зі зростанням виробництва електронного та електротехнічного обладнання з кожним роком зростає кількість електронних відходів та брухту. За даними

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			12

Центру ЮНІДО та АПЕТ (Асоціація переробників електронної техніки) на 2019 рік у світі було утворено 53,6 млн. тонн ВЕЕО. (+8,0% до рівня 2018 року). До 2022 р. обсяг освіти зростає, за оцінками експертів, щонайменше до 59 млн. тонн. Обсяг ВЕЕО в світі та душу населення представлений рисунку 1.1.

Обсяг ЕО у світі,  
МЛН.ТОН

Об'єм ЕО на  
душу населення, кг

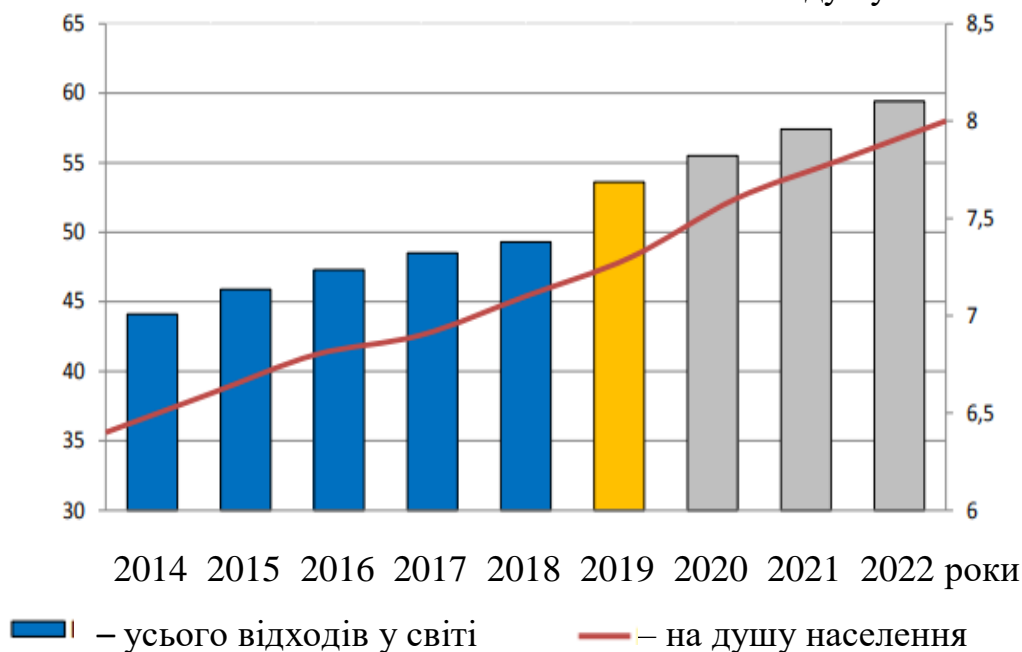


Рисунок 1.1 Всього відходів у світі на душу населення

При цьому найвищий показник збору спостерігається в Європі (45–48%) [11,12], на території якої діє директива № 2012/19/ЄС Європейського парламенту та Ради ЄС «Про відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО)», що визначає нормативи переробки та відновлення ВЕЕО душу населення.

У 2019 році формально задокументований збір та переробка відходів становила 9,3 млн. тонн, що становить 18,9% від загального обсягу утворення ОЕЕО. З 2014 року збирання та переробка ВЕЕО зросла на 1,8 млн тонн, що становить понад 0,4 млн. тонн на рік. Виробництво електронних відходів збільшилося на 9,2 млн. тонн за щорічного зростання майже на 2,5 млн. тонн.

Таким чином, глобальне зростання обсягу електронних відходів перевищує темпи зростання переробки та збору відходів. Статистика показує, що у 2018 році

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

континентом з найвищим рівнем збору та переробки відходів була Європа – 42,5%, Азія посіла друге місце – 11,7%, Америка склала 9,4% та 8,8% відповідно, а Африка мала найнижчий показник – 0,9% [13].

Значну частку у загальному обсязі електронних відходів займають велика та мала побутова техніка 14,8 та 12,8 млн.тонн. Очікується, що найбільші темпи зростання матимуть відходи від теплообмінного обладнання, а також від малої та великої побутової техніки.

Ця тенденція обумовлена зростаючим споживанням цих продуктів у країнах із низьким рівнем доходу, де ці продукти підвищують рівень життя. Невелике ІТ- та телекомунікаційне обладнання зростало з меншою швидкістю, а екрани та монітори показали невелике зниження.

Це зниження можна пояснити тим, що останнім часом важкі ЕПТ-монітори та екрани були замінені більш легкими плоскими панелями.

Темпи зростання електронних відходів по основним потокам представлені на рисунку 1.2.

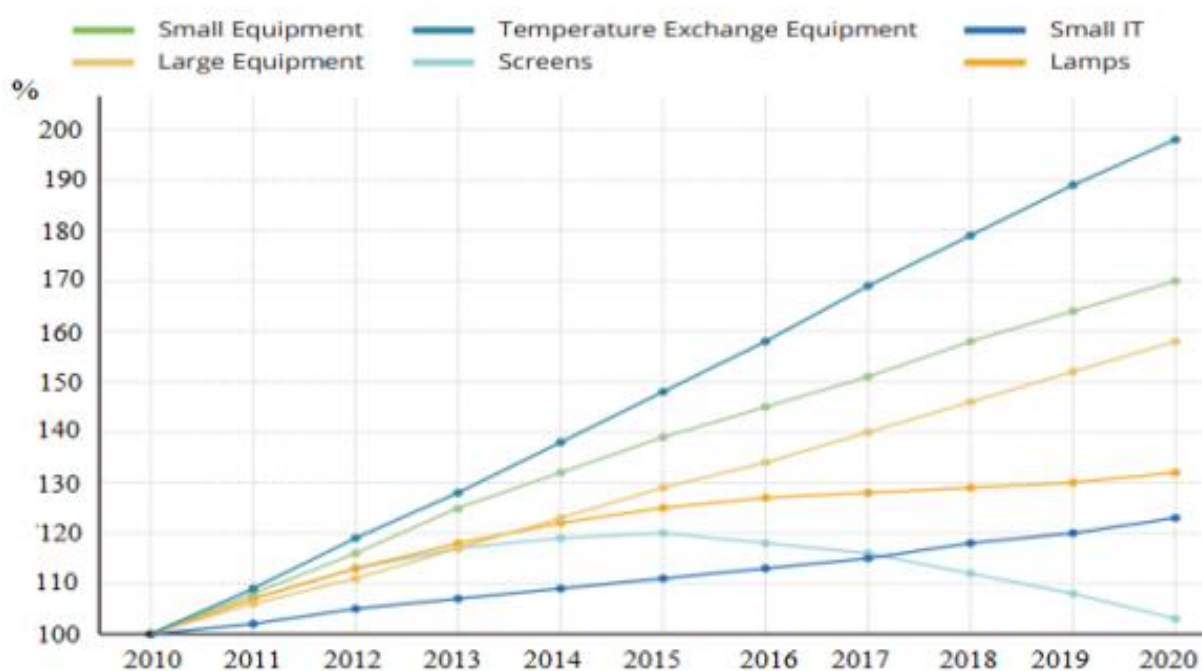


Рисунок 1.2 – Темпи зростання електронних відходів за основними потоками

З 2014 року кількість країн, які ухвалили національну політику, законодавство чи нормативні акти в галузі електронних відходів, збільшилася з

Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.	Інв.№дубл.
Інв.№поодл.	Інв.№поодл.

61 до 78. Проте прогрес у регулюванні в деяких регіонах повільний, правозастосування слабке, а політика, законодавство чи регулювання не стимулюють збирання та належне управління електронними відходами через відсутність інвестицій та політичну мотивацію. Крім того, обсяг електронних відходів, врахованих у законодавстві, зазвичай відрізняється від систем класифікації електронних відходів, що пропонуються загальноприйнятими, узгодженими на міжнародному рівні методологічними рамки статистики електронних відходів. Ці відмінності в обсягах електронних відходів призводять до відсутності гармонізації статистики між країнами [14].

На рисунку 1.3 представлено тенденцію зростання кількості країн, у яких діють законодавчі норми у політиці поводження з електронними відходами.

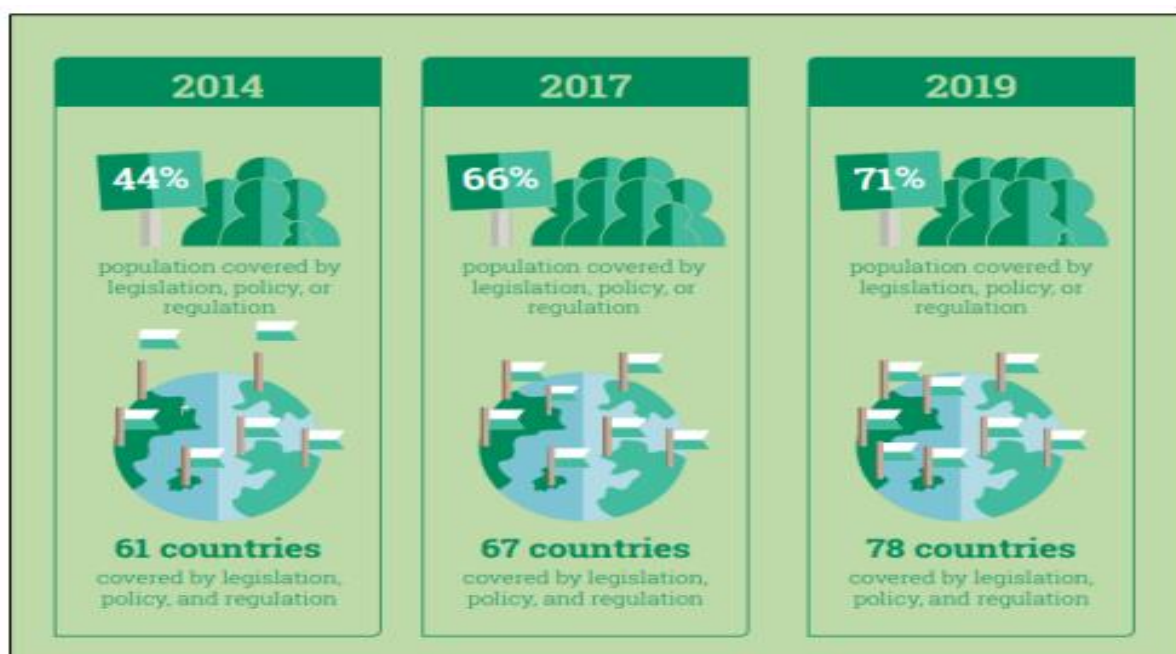


Рисунок 1.3 – Зростання кількості країн, у яких діють законодавчі норми у політиці поводження з ВЕЕО, за роками [13]

Як видно з малюнка 1.3, на 2019 рік 71% населення світу охоплено національною політикою, законодавством чи регулюванням електронних відходів. Значний ривок у сфері регулювання політики звернення з електронними відходами припав на 2014 рік, коли було охоплено лише 44% населення. На високий рівень залучення впливає те що, що у найбільш густонаселених країнах,

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

як-от Китай та Індія, діють національні правові інструменти. Проте цей відсоток охоплення населення становить лише 78 із 193 країн. Таким чином, менше половини всіх країн світу в даний час охоплені політикою, законодавством чи нормативними актами, що регулюють поводження з електронними відходами.

Визначення, роль та обов'язки кожної зацікавленої сторони мають бути чітко викладені у регламенті. Докладніше законодавство чи нормативні акти з електронних відходів повинні включати:

- визначення ролі муніципалітетів та уряду;
- чітке визначення того, хто відповідає за організацію збору та переробки відходів;
- чітке визначення того, хто відповідає за фінансування збору та переробки електронних відходів;
- національне узгодження визначень електронних відходів;
- дозвільна та ліцензійна структура для збирачів та переробників електронних відходів;
- чітке визначення поняття «виробник», якщо система полягає в так званому «Розширеній відповідальності виробника» (РВВ).

Без цього жоден виробник не почуватиметься зобов'язаним підкорятися, і справедливе дотримання правових норм у галузі буде більш важким;

- розподіл обов'язків зі збирання та переробки відходів між виробниками;
- опис того, як компанії повинні реєструватися як «виробників»;
- документування стану їх відповідності та чіткий опис цілей та завдань законодавства.

Моніторинг кількості та потоків електронних відходів має важливе значення для оцінки змін у часі, для встановлення та оцінки цільових показників. Розробка раціональної політики та правових інструментів може бути досягнута лише за більш точних даних про електронні відходи. Розуміння кількості та потоків електронних відходів забезпечує основу для моніторингу, контролю та, зрештою, запобігання незаконному транспортуванню, похованню та неналежному поводженню з електронними відходами.

Інв.№поодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

							ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				16



Спираючись на партнерство з вимірювання ІКТ з метою розвитку, у 2017 році Університет Організації Об'єднаних Націй – Програма SCYCLE (UNU-SCYCLE), Міжнародна Асоціація твердих відходів (ISWA) та Міжнародна Спілка електровз'язку (МСЕ) об'єднала зусилля для створення Глобального партнерства зі статистики електронних відходів у тісній співпраці з Організацією Об'єднаних Націй з навколишнього середовища Програма (ЮНЕП) зі створення статистичне партнерство як спосіб вирішення проблем, пов'язаних з керуванням електронними відходами [15].

Утилізація електронного брухту – складний процес, що включає низку вирішення кількох проблем. Однією з таких проблем є його багатокomпонентність, через яку виникають складності у виборі технології для переробки тієї чи іншої групи електронних відходів та лому. На даний час дедалі більше досліджуються нові технології переробки вторинної сировини.

Як уже говорилося раніше, електронний брухт може мати таке низьке зміст благородних металів, що його переробка лише з метою вилучення шляхетних металів буде неефективною. Тому в основному діяльність зарубіжних компаній з переробки вторинної сировини спрямовано комплексну переробку. Це говорить про те, що при переробці вторинних відходів, що містять благородні метали, вилучаються як дорогоцінні метали, як золото, срібло та інших., а й інші цінні компоненти і сполуки.

Найбільш широкую популярність набули технології переробки електронного лому в країнах Західної Європи – Бельгія, Франції, Німеччини, Швеції та ін.

Аналіз даних із технологій зарубіжних фірм показує, що рентабельність всіх технологій забезпечується з допомогою отримання дорогих чистих і шляхетних металів [16].

На підприємствах фірм «Johnson Matthey» (Велика Британія) та «Degussa» (Німеччина) практикується переробка з попереднім механічним збагаченням сировини та подальшою її термічною обробкою [17].

На першому етапі переробки вилучення дорогоцінних металів здійснюється шляхом попередньої плавки обпаленого скрапу на свинцевий веркблей і мідний

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подл.

					ТС 19510081		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			17

штейн. Далі мідний штейн надходить на електроліз щоб одержати катодної міді. Свинцевий веркблей містить левову частина благородних металів. Для відділення платини та паладію здійснюють процес плавки веркблів у купеляційній печі. Отриманий сплав відливають в аноди для подальшого електролітичного рафінування срібла.

Для підвищення продуктивності цього методу фірма «Britannia Refined "Metals" (Великобританія) на заводі North Fleet встановила нову пекти ємністю 3 тони. Відмінність від основного способу полягає у вдуванні в розплав кисню замість повітря. Це прискорює окислення свинцю та тим самим перехід його в шлак і забезпечує отримання срібла в кінцевому продукті більше 99% і зменшує витрати енергії на 20% [9].

Особливістю технології переробки електронних відходів Umicore, Бельгія є те, що електронний брухт переплавляється разом з пластиком. Такий захід призводить до більшого коефіцієнта вилучення дорогоцінних металів у порівнянні з механічним подрібненням та сортуванням. При спалювання пластику вивільняється більше енергії, ніж потрібно для проведення плавильного процесу. Таким чином відбувається економія паливних ресурсів.

Технологія переробки електронних відходів французької фірми

«Valmet» дозволяє розділяти чорні метали, кольорові та благородні метали та неметали в ході механічної обробки брухту, що включає дроблення, подрібнення та стирання. Для поділу благородних та кольорових металів використовується метод електролітичного рафінування.

Шведська компанія «Boliden Metech Inc» вперше застосувала процес Кальдо для вилучення кольорових металів. Обладнання є циліндром, який обертається під час плавильного процесу. Основний технологічною операцією процесу є автогенна плавка вихідного матеріалу в конвертері, що обертається, з верхнім дуванням; подається повітря, збагачений киснем [18].

Електронний брухт переплавляється разом із свинцевим концентратом, у результаті виходить чернова мідь (75 – 80% Cu). Далі продукт відправляється в конвертер у лінію мідного переділу.

Підп. і дата
Інв. № докл.
Взаєм. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						18

Також як і в Umicore пластик не відокремлюється від брухту перед завантаженням у конвертер Калдо. Спалювання пластику дозволяє знизити енерговитрати на проведення плавки.

Перевагами печей Калдо є:

- переробка різних видів сировини;
  - зниження споживання енергії;
  - зменшення капітальних витрат (за рахунок компактноі конструкції печі);
  - експлуатаційні витрати (особливо у разі переробки брухту);
- автоматизація управління процесом.

Ключовою відмінністю технології Aurubis (Німеччина) від технологій компаній Umicore та Boliden є відділення пластику від металевих складових електронного брухту. На підприємстві відсутній переділ по виробництву сірчаної кислоти, відповідно, неможливо перевести до неї шкідливі речовини, що утворюються під час згоряння пластику.

Одним із ефективних способів вилучення Au є метод хлорування, що застосовується фірмами "Sabin Metal. Corp." (США), "Gerald Group" (США), "Rand Refinery Ltd" (ПАР) та ін [18]. Суть даного методу, виділення золотовмісних компонентів, полягає у використанні у технологічному циклі газоподібного хлору.

При хорошому ступені отримання золота слід відзначити ряд недоліків:

- громіздкість обладнання для хлорних схем;
- агресивність та токсичність хлору та хлоридів;
- необхідність спеціальних корозійностійких матеріалів для апаратури;
- високі витрати на реагенти.

Зважаючи на проблему переробки ВЕЕО у зарубіжній електронної промисловості можна зробити висновок, що для підприємств пріоритетним напрямком є комплексна переробка цієї сировини. Досвід зарубіжних країн щодо активного впровадження заходів щодо утилізації відходів в електронній промисловості є наочним прикладом використання інституційних підходів.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

### 1.3 Сучасний стан переробки електронних відходів і ламу в Україні

Проблеми раціонального природокористування є пріоритетними. Вилучення дорогоцінних металів з вторинної сировини є частиною проблеми використання ресурсів. Зниження споживання традиційних природних ресурсів покращить і екологічну обстановку країни.

Виробництво електронних та електричних приладів є одним з напрямів світової переробної промисловості, що найбільш швидко розвиваються. Одночасно з цим технологічні інновації та інтенсивний маркетинг сприяють швидкій зміні виробів. Щороку у світі утворюється близько 50 млн. тонн відходів електричного та електронного обладнання [19]. Щорічно утворюється близько 0,3 – 0,7 млн. тонн ВЕЕО. Система обліку з такими відходами розвинена слабо, тому точно сказати, який відсоток відходів, що утворилися, утилізується, складно.

За даними Асоціації переробників електронної та електро побутової техніки, переробляється близько 5 – 7% електронних відходів, що становить близько 40 тис. тонн ВЕЕО на рік.

«Стратегії розвитку промисловості з обробки, утилізації та знешкодження відходів виробництва та споживання на період до 2030 року» [1] оцінюють рециклінг ОЕЕО на рівні 55 тис. тонн.

В рамках економіки структура електронних відходів має розглядатися як важливе джерело вторинної сировини.

Через проблеми, пов'язані з первинним видобутком корисних копалин, коливаннями ринкових цін, нестачею матеріалів, наявністю та доступом до ресурсів, виникла потреба підвищити рівень залучення вторинних ресурсів та знизити тиск на первинні матеріали. Переробляючи електронні відходи, країни могли б принаймні знизити свій матеріальний попит у безпечний та стійкий спосіб.

Основними факторами, що впливають на незадовільний рівень переробки є:  
– складність та багатостадійність технологічних процесів;

Підп. і дата
Інв.№доубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№поодл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510081

- високі витрати праці;
- багатокомпонентність сировини, що надходить;
- відсутність інфраструктури зі збору електронних відходів.

На тлі зростання приватного споживання електроніки та побутової техніки, розвитку телекомунікаційної інфраструктури зросло споживання кольорових та дорогоцінних металів у цих ринкових сегментах.

За даними IWCC (International Wrought Copper Council) частку електроніки, побутової техніки, телекомунікаційної інфраструктури припадає 16,1% від світового споживання міді. За даними GFMS (Gold Fields Mineral Services) на електронну промисловість припадає близько 50% від споживання золота та 44 % споживання срібла у промисловому виробництві.

Порівняно короткий термін експлуатації електроніки, у тому числі завдяки швидкому моральному зносу, разом із зростаючими обсягами споживання металів у цих ринкових сегментах робить електроніку та побутову техніку важливим джерелом вторинної міді, золота та срібла.

Діяльність більшості цих підприємств, з переробки ОЕЕО, полягає у збиранні та попередньої переробки електронних відходів, з яких необхідна частина компонентів передається на афінажні заводи. І лише кілька переробних підприємств забезпечують повний цикл переробки, витягуючи у своїй як дорогоцінні метали, а й інші цінні фракції.

Велика кількість різнотипного обладнання, складність конфігурацій обладнання, і тим багатокомпонентність складу електронного брухту вимагає застосування найрізноманітніших способів переробки.

Існує 4 найбільш поширені способи переробки:

- механічний;
- гідрометалургійний;
- механічний у поєднанні з гідрометалургійною переробкою;
- механічний у поєднанні з піро- та гідрометалургійними процесами.

Залежно від типу електронних відходів та їх речового складу визначають найбільш прийнятний спосіб переробки.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510081				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Найчастіше застосовується технологія пірометалургійної переробки електронного брухту. Пірометалургічний переділ може бути представлений електродуговою та анодною плавками, або відбивною та шахтною плавкою з подальшим конвертуванням та вогневим рафінуванням.

Переробка вторинної сировини до здебільшого орієнтована на мідеплавильні комбінати і зводиться до перетворення електронного брухту, що містить шляхетні метали, на метал з міддю. Далі чернова мідь піддається електролітичному розчиненню анодів, у процесі якого утворюється анодний шлам, збагачений дорогоцінними металами [5,9,23].

Найпершим етапом у будь-якому способі є його механічна обробка. Хімічні та фізичні властивості електронного брухту не дозволяють спрямовувати його на металургійну плавку для вилучення необхідних компонентів без попередньої обробки. Попередня обробка полягає в розбиранні блоків та вузлів виробів, демонтажі багаторазових та токсичних елементів. Як правило, механічне оброблення електронних відходів і брухту реалізується ручною працею, тому продуктивність першого етапу невисока. За різними оцінками, вона становить від 150 до 200 кг/(чол.зміну). Зрештою після ручного оброблення отримують: друковані плати з навісним монтажем; трансформатори (мідь, залізо, органіка); роз'єми (пластмаса, ДМ); суміш та недорозділені блоки.

Далі електронний брухт надходить на другий етап переробки, який полягає в збагаченні золотовмісного електронного брухту. Процес збагачення включає подрібнення ножових або молоткових дробарках, повітряна класифікація, сепарація суміші в гідроциклонах, електромагнітна сепарація, відсадка. Вибір технології визначається наявністю необхідного обладнання та фінансовими можливостями підприємства.

Вітчизняні технології ґрунтуються на подрібненні сировини, сепарації і наступному гідрометалургійному переділі [2, 5, 24].

«Вони більш ефективні при порівняно невеликих обсягах виробництва та добре відсортованій сировині» [5, 9]. Друковані плати на даному етапі обробляються за допомогою пневмозубілів або пневмокусачок. Трансформатори

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№поодл.

ТС 19510081

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

22

піддають випалу в випалювальній печі, дробленню в молотковій дробарці, магнітної сепарації, повітряної сепарації. В результаті одержують: магнітну фракцію (залізо), немагнітну фракцію (мідь); оксиди заліза, міді та вуглецевмісні компоненти. Рознімання, що містять дорогоцінні метали, направляють у молоткові або ножові дробарки. Вилучення заліза здійснюється за допомогою магнітної сепарації.

Як говорилося раніше істотним недоліком та низькою продуктивністю першого етапу переробки електронного лому є його попередня обробка.

Висока кінетична енергія удару молотків, що забезпечують дроблення нерозроблених електронних блоків з корпусними елементами, виключає попереднє ручне оброблення. Очевидно, що електростатична чи електродинамічна сепарація таких фракцій буде утруднена через великий розкид фракцій за геометричними розмірами. Для вирішення цього питання для сепарації подрібненого брухту по крупності та по питомій щільності в комплексі було застосовано багатопродуктовий пневматичний каскадно – гравітаційний класифікатор, розроблений та поставлений Підприємством ТДВ «Ламел-777» [25]

І останній, третій етап переробки у найбільш поширених технологіях включає пірометалургічну або гідрометалургічну переробку. Остання, полягає у виділенні золота та срібла електролітичними методами чи хімічним осадженням.

У роботі [9] було розроблено 9 технологічних схем переробки. У п'яти з цих схем застосовується електроліз, в інших процес здійснюється за допомогою розчинення. У технологічних схемах враховано лише основні металургійні операції, оскільки допоміжні операції, такі як очищення стічних вод, газів, не мають істотного впливу на собівартість отримання золота Дані технології переробки електронних відходів є досить ефективними. Але у російське виробництво вони впроваджено лише частково. Причиною цього є те, що великі металургійні підприємства кольорової металургії націлені на отримання лише дорогоцінних металів. Для покращення економічних показників підприємств та одержання ними максимального прибутку необхідно впроваджувати технології

Підп. і дата					
Взаєм.інв.№	Інв.№	дубл.			
Підп. і дата					
Інв.№	подел.				

ТС 19510081

Арк

23

комплексної переробки, спрямованої на вилучення як шляхетних металів, а й інших цінних компонентів.

Сьогодні основною формою, яку приймають метали у сучасній електроніці та побутовій техніці, є друковані плати (printed circuit boards, PCB). Друковані плати забезпечують електричне з'єднання між окремими компонентами модулів, що монтуються, і знаходять застосування майже у всіх електронних та електричних приладах. Це можуть бути як материнські плати, мережеві плати, звукові плати персональних комп'ютерів, і плати управління побутової технікою. Відповідно, лом друкованих плат (wasted printed circuit boards, WPCB, scrap PCB) є основною формою вторинних металів, що містяться в електроніці та побутовій техніці, що втратила свої споживчі характеристики.

Найбільш поширені види лому друкованих плат представлених на ринку можна класифікувати за найменуванням та зовнішнім виглядом. У таблиці 1.1 представлені види брухту друкованих плат та ціна за кілограм сировини. Діапазон цін сформований виходячи з аналізу фірм-постачальників.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510081					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						24



Таблиця 1.1 - Види лому друкованих плат та їх вартість

№	Найменування	Зовнішній вигляд	Ціна, грн/кг
1	Процесори текстоліт		150-750
2	Материнські плати від ПК, ноутбуків, серверів		70-120
3	Електронні плати мікс (несортовані плати від побутової техніки, електроніки, приладів тощо)		30-40
4	Плати мобільних телефонів		300-500
5	Комп'ютерні плати мікс (відеокарти, мережні карти, плати розширення тощо)		80-400
6	Процесори (CPU) кераміка		1500-4000
7	Імпортні плати з мікросхемами (плати від станцій зв'язку, імпортного обладнання з великою кількістю мікросхем)		50-75
8	Модулі пам'яті		150-400

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Вартість електронних друкованих плат також залежить від їхньої цілісності та наявності на поверхні плат корисних компонентів, що містять у собі дорогоцінні метали, насамперед роз'ємів, процесорів, конденсаторів, резисторів і т.д. Кількість цих корисних компонентів по-різному залежить від країни виробника електронного (електротехнічного) обладнання, а також від року його випуску.

Враховуючи неоднорідність електронного брухту, формування ціни брухту за вагу бругто, ризики пов'язані з недоотриманням очікуваної кількості металів після переробки, ключове значення при покупці електронного брухту має кваліфікація фахівців, які виконують візуальний контроль якості сировини, що поставляється.

Лом друкованих плат є великим джерелом сировини для європейських, японських мідеплавильних заводів. Зокрема переробку здійснюють: завод Noboken (входить до групи Umicore), Ronskar (входить до Групу Boliden), Lunep (входить до групи Aurubis), Kosaka (входить до групи Dowa) [27, 28]. Крім цього, існує величезний неформальний сектор переробки брухту друкованих плат. В основному він зосереджений у КНР (м. Гуйю) та республіці Гана.

Даний вид брухту представляє інтерес для ломозаготівельників з наступних причин:

- можливість швидкого та відносного точного візуального визначення вмісту дорогоцінних металів у брухті, що знаходиться у розібраному вигляді;
- можливість отримання швидкої оплати при реалізації даного сировини оптовим покупцям (трейдерам);
- рентабельність транспортування сировини до покупця на далекі відстані, завдяки високому вмісту дорогоцінних металів у сировині;
- можливість отримання додаткового прибутку за подальшого механічної обробки сировини (шредування, сепарування), за рахунок вилучення та реалізації всіх металів, що містяться в ломі, з мінімальними втратами.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№подел.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						26

Лом друкованих плат сучасної електроніки та побутової техніки – це комплексна сировина, що в середньому містить: від 15 – 20% Cu, від 0,005% до 0,03% Au (50 – 320 г/т), від 0,03% до 0,29% Ag (350 – 2900 г/т) [29].

Формально брухт друкованих плат відноситься до радіоелектронного брухту.

Однак, говорячи про російський ринок, важливо відзначити різницю в хімічному складі брухту друкованих плат і типовому радіоелектронному брухті, який добре знайомий російській металургії. Відповідно до Опізнавально-інформаційної системи класифікації брухту електронних виробів основним джерелом типового радіоелектронного брухту виступають ЕОМ типу ЄС та електроніка військового призначення [30]. Середній вміст золота в ломі ЕОМ становить 0,31% (3 100 гр/т), в радіоелектронному ломі військової техніки – 0,08% (800 г/т).

Разом з цим відрізняються і джерела надходження та формування брухту. Надходження радіоелектронного брухту здійснювалося централізовано з кількох організованих джерел: від організацій, які за радянських часів мали обчислювальні центри. У свою чергу, основним джерелом брухту друкованих плат виступають мільйони приватних домогосподарств, що володіють електронікою та побутовою технікою. Це впливає на рівень збору, оскільки очевидно, що налагодити облік і збирання золотовмісної сировини в організації простіше, ніж у населення.

Все це змушує відокремлювати та виділяти брухт друкованих плат у структурі радіоелектронного брухту.

Основним джерелом традиційного радіоелектронного брухту залишається військова техніка, яка продовжує випускатися на радянській (або близькій до неї) елементній базі. В результаті брухт друкованих плат стає основною формою радіоелектронного брухту.

Виходячи з вищесказаного в оцінці ефективності переробки електронного брухту як сировина буде прийнято брухт друкованих плат.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						27

На шляху розвитку діючих та виробництва нових підприємств по переробці електронних відходів і брухту виникають труднощі, пов'язані з проблемами виробничих потужностей, належного законодавчого забезпечення, класифікацією вторинної сировини, сертифікацією, вибором необхідної технології. У сукупності цих проблем вітчизняні технології поки що складні і малорентабельні, тому потрібен ефективний механізм утилізації та переробки відходів електронного та електротехнічного обладнання та розвиток великомасштабного виробництва вторинних металів. В основному технології, зводяться до механічних методів на другому етапі, і пірометалургії на третьому етапі отримання дорогоцінних металів.

Економічні показники виробництва з електронного переробки брухту в цілому визначаються низкою факторів, зокрема, ефективністю застосовуваних технологій на всіх стадіях технологічного циклу переробки, якістю сортування брухту по групах, раціональним завантаженням основного та допоміжного технологічного обладнання тощо. При оптимальному поєднанні зазначених факторів може бути реалізовано економічно ефективно виробництво.

Інв. № подел.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
ТС 19510081				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
				Арк 28

## РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ЛОМА ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

### 2.1 Проблема збору лому друкованих плат

Існуючі в науковій літературі оцінки лому друкованих плат досить обмежені і часто носять поверхневий характер [22, 32, 33, 34]. Це пов'язано зі складністю обліку та відсутністю достовірної статистики щодо утворення та збору електронних відходів (ВЕЕО) та їх переробки.

Аналізуючи дані джерела можна дійти невтішного висновку, що рівень збору брухту друкованих плат нижче, ніж показники досяжні розвинених регіонах (передусім ЄС) і є можливість його збільшення.

Визначення рівня потенційної (теоретичної) знаходження лому друкованих плат (ломоутворення друкованих плат) можливе двома методичними підходами:

- визначення теоретичного ломоутворення на основі історичного споживання електроніки та побутової техніки;
- визначення потенційної освіти брухту друкованих плат від величини утворення електронних відходів (основного джерела брухту друкованих плат).

Перший підхід, по суті, є варіацією методу, що використовується для прогнозування теоретичного ломоутворення міді. Цей підхід представлений у роботі Мартіна Рурберга «Assessing the recycling efficiency of copper from end – of – life products in Western Europe» [35], приклад його практичного застосування у роботі Томаса Гунана «Copper Recycling in the United States» [38].

Оцінка теоретичного ломоутворення друкованих плат спирається на історичні дані з продажу основних, найбільш масових сегментів електроніки та побутової техніки у період з 2009 – 2019 рр.

Аналіз теоретичного ломоутворення за основними джерелами даних, проведений Ємельяновим О.О. к.е.н. представлений у таблиці 5. Джерелами інформації виступили аналітичні звіти М-відео та оцінки компанії IDC.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510081

Арк

29

Таблиця 2.1 - Продажі електроніки та побутової техніки в Україні в 2009–2019 рр.

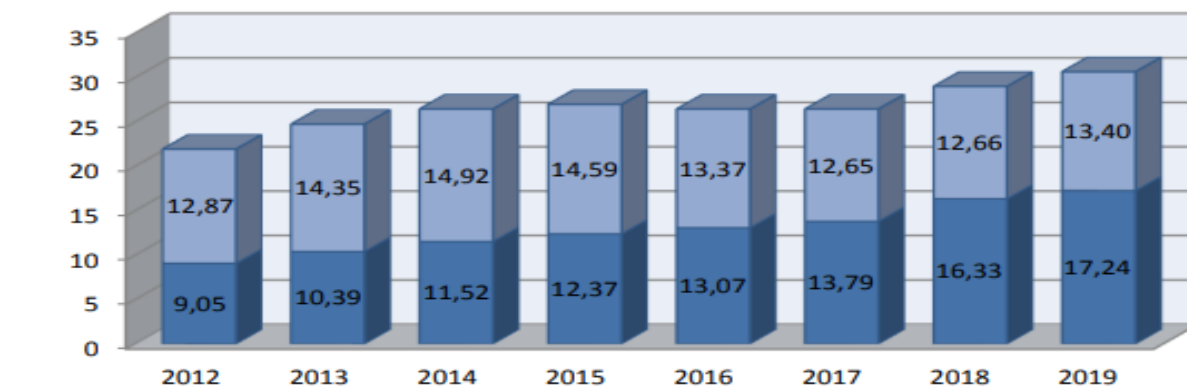
Рік	Високосортні друковані плати (Au > 100 гр/т), млн.шт.			Низькосортні друковані плати (Au < 100 гр/т), млн.шт.			
	ПК и ноутбуки	Мобільні телефони та смартфони	Планшетні ПК	Телевізори	Пральні машини	Принтери	Монітори
2009	8,76	32,45	-	9,10	5,79	6,46	8,00
2010	9,84	36,34	-	9,70	3,94	6,04	7,21
2011	7,28	32,32	-	9,89	3,22	3,63	6,42
2012	11,70	35,68	-	6,40	3,91	4,14	5,62
2013	12,06	39,78	1,30	7,68	3,91	4,26	5,40
2014	13,35	41,45	3,95	9,13	4,31	4,05	5,01
2015	10,14	43,17	7,20	9,98	4,65	3,96	4,59
2016	7,91	45,20	9,61	10,50	4,34	3,61	3,50
2017	4,90	40,86	6,60	5,50	3,26	2,50	2,11
2018	4,50	37,40	4,71	4,90	3,13	2,28	2,33
2019	4,88	28,65	3,12	5,10	2,00	2,40	2,80

Передбачається, що кожна одиниця техніки має одну друкарську плату (материнську або плату керування) певної ваги. Вага друкованої плати в кожному з аналізованих видів продукції отримана на підставі даних ломозаготівельних компаній та верифікована за даними, що знаходяться у відкритих джерелах.

Динаміки теоретичної освіти брухту друкованих плат у 2012 – 2019р., представлена на малюнку 2.1

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Лом печатних плат, тис. т



- – низькочастотні печатні плати
- – високочастотні печатні плати

Рисунок 2.1 – Теоретичне утворення брухту друкованих плат у 2012–2019 роках (Мінімальна оцінка).

Виходячи з діаграми видно, що частка високосортних друкованих плат кожним роком неухильно зростає та їх кількість, починаючи з 2017 року, переважає над низькосортними друкованими платами.

Розрахунок потенційного лому утворення з використанням другого методу ґрунтується на оцінці утворення електронних відходів та масової частки друкованих плат в електронних відходах.

Оцінку утворення електронних відходів наведено по роботах Бальде С.П., Форті В. «The Global E-waste Monitor. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA)» та Санакова Т.Ю. Комісарова В.А. «Електронні відходи СНД сьогодні і завтра» [37;38]. Відповідно до робіт Далрїмпл І., Райт Н. «An integrated approach to electronic waste (WEEE) recycling» та Абхішека Кумара Авастхи «Integrated bioleaching of copper metal from waste printed circuit board — a comprehensive review of approaches and challenges» [39;40] масова частка друкованих плат може бути прийнята на рівні 3,1%.

Виходячи з поточної утворення електронних відходів на рівні 1 млн. тонн на рік, оцінка потенційного лому утворення з використанням другого методу дає результат у 40,6 тис. тонн брухту друкованих плат на рік.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

В отриманих результатах насамперед звертає на себе увагу різниця отриманих оцінок за першим та другим методом. Основною причиною розбіжності є різні вихідні дані. Оцінка за першим методом будується на історичних даних з продажу основних масових сегментів електроніки та побутової техніки. Проте перелік продукції, що містить друковані плати, значно ширший. Вона включає в себе, як споживчу продукцію (мікрохвильові печі, цифрові фотоапарати, аудіотехніка, медіапрогравачі тощо), так і продукцію інвестиційного попиту (телекомунікаційне обладнання, серверна техніка та і т.д.).

Ця продукція містить значні для ринку обсяги друкованих плат не враховується при розрахунку ломутворення за першим методом. Крім цього, можлива суттєва варіація ваги друкованих плат у техніці. Наприклад, плата керування пральною машиною може колитися від 300 грам до 1000 г залежно від моделі. Другий метод включає всю можливу електроніку та побутову техніку, проте базується на укрупнених і усереднених оцінках і не дає уявлення про структуру ломутворення.

Обидві отримані оцінки можливо використовувати для характеристики ломуобразования друкованих плат в Україні. При цьому оцінка за першим методом представлятиме мінімальний рівень ломутворення, за другим – максимальний. Таким чином, ємність російського ринку брухту друкованих плат знаходиться у діапазоні від 30,6 до 40,6 тис. тонн на рік. Середнє значення одержаного інтервалу – 35,6 тис. тонн. Це співвідноситься з існуючими в наукову літературу оцінками. Так, у роботі [29] потенційне утворення брухту друкованих плат оцінюється в діапазоні 20 – 30 тис. тонн на рік.

Основними чинниками, що впливають на збільшення виробництва електронного обладнання, є:

- підвищення рівня життя населення планети, особливо у країнах, що розвиваються;
- зростання добробуту населення;
- впровадження інноваційних рішень у повсякденне життя (медичне обладнання, електричні зубні щітки, бритви та ін.);

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№поодл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510081

Арк

32



- удосконалення технологічних процесів із виробництва електронного обладнання;
- скорочення «терміну життя» електронного обладнання, внаслідок швидкої втрати споживчих якостей;
- вплив окремих великих ІТ-брендів, на збільшення споживання електронного обладнання [41].

На рисунку 2.2 представлена структурна діаграма основних цінних компонентів у середньому значенні утворення лому друкованих плат.

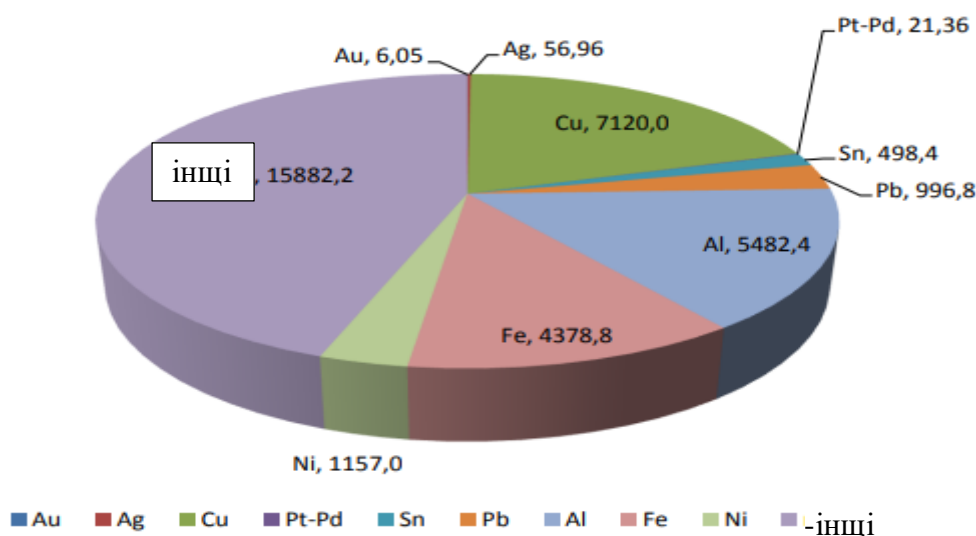


Рисунок 2.2 – Структурна діаграма основних цінних компонентів середньому значенні утворення лому друкованих плат, тони.

За наведеною діаграмою можна сказати, що у ломі друкованих плат міститься вагома кількість цінних компонентів, які не залучаються до вторинного виробництва. Отже, для підприємств це втрачена можливість отримання додаткового доходу. Наприклад, 6,05 Ag, 56,96 заходів, при утворенні брухту друкованих плат (30,6 тис. тонн на рік) та зміст золота в ломі 185 г/т для високосортних і 50 г/т для низькосортних, потенційний дохід може становити 4438,03 млн.грн. та 1982,14 млн.грн. в рік відповідно. У разі комплексної переробки та вилучення інших компонентів ця цифра може зрости в кілька разів.

Потенційне ломуутворення друкованих плат у Скандинавії можна оцінити з урахуванням обсягу освіти електронних відходів. Сумарно у Данії, Швеції та Норвегії утворюється 496 тис. тонн ОЕЕО, що потенційно формує 15,4 тис. тонн

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

брухту друкованих плат на рік. Виходячи з обсягів переробки на заводі Ronskar, коефіцієнт збору складатиме 48%. Це у 2,4 рази вище, ніж російський показник (20%).

Отримані дані свідчать, що є потенціал збільшення збору брухту друкованих плат. Близько 11 тис. тонн на рік брухту друкованих плат (якщо виходити з рівня збору країн Скандинавії), які потенційно могли бути зібрані розміщуються у складі електроніки та побутової техніки на полігонах ТПВ, або з огляду на низькі витрати зберігання відпрацьованої електроніки залишаються у населення.

Розвиток практики збирання та переробки електронних відходів у всьому світі, сприяє тому, що більшість вторинної сировини, що містить дорогоцінні компоненти – може бути залучена для повторного використання у виробничий цикл при одночасному скороченні безперервного вилучення нових матеріалів.

Виходячи з динаміки потенційної освіти брухту друкованих плат у 2012 – 2019 рр., представлений малюнку 13 (за вихідними даними таблиці 5) і фактично досягнутим коефіцієнтом збору брухту друкованих плат (20%) можна припустити, що у складі не утилізованої побутової техніки та електроніки перебуває близько 171,4 тис. тонн брухту друкованих плат, що розміщується на звалищах і сміттєвих полігонах, наносячи шкода довкіллю.

Розміщення значних обсягів побутової техніки та електроніки на звалищах торкається проблеми електронних відходів. На сьогоднішній день ця одна з основних глобальних проблем захисту навколишнього середовища.

Поточні оцінки міжнародних організацій зазначають, що утилізуються близько 20% електронних відходів [40]. Інші 80% або потрапляють на звалища, або переробляються у неформальному секторі (Китай, Гана). В обох випадках завдається відчутна шкода довкіллю.

Наявність небезпечних та шкідливих речовин, а також дефіцитних та цінних компонентів у складі електронних відходів вказує на необхідність здійснювати переробку електронних відходів екологічно обґрунтованим способом. Цей захід дозволить уникнути викиду небезпечних речовин у навколишнє середовище та

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			34

втрат екологічно та економічно цінних компонентів. Хоча в деяких країнах законодавчі акти забороняють використання деяких видів небезпечних речовин та наполягають на них заміні безпечнішими матеріалами. Однак, у споживанні у населення перебувають прилади, які задовольняють вимогам законодавчих норм. Тому утилізація даних електронних приладів повинна піддаватися особливому контролю, щоб стримувати ризики, які можуть представляти для довкілля та здоров'я населення. Крім того, нове обладнання може також містити менші кількості цих заборонених речовин через те, що вони технічно ще не можуть бути замінені чи усунені.

При цьому авторами наголошується, що електронні відходи є важливим джерело вторинних матеріалів, у тому числі таких цінних, як дорогоцінні та кольорові метали.

З цього випливає, що стан ринку брухту друкованих плат тісно пов'язаний з проблемою електронних відходів, і заходами, що вживаються для її рішення. Наприклад, якщо подивитися на рівень збирання електронних відходів у різних країнах [45], то найбільш високі показники характерні для скандинавських держав: Норвегії, Данії Швеції, тобто. країн, які, як би показано вище, характеризується високим рівнем збору брухту друкованих плат.

Однак це лише один бік проблеми. Найважливішим аспектом є економіка збирання та переробки електронних відходів, яка, зокрема, досить детально вивчена для європейського ринку електронних відходів та брухту друкованих плат [32; 33].

Розуміння економічних механізмів, які перешкоджають збору та переробці електронних відходів дозволять об'єктивно проаналізувати можливий потенціал збільшення збору брухту друкованих плат до, і навіть оцінити ефективність заходів державної політики у цій сфері (екологічний збір).

За підсумками проведеного дослідження було визначено діапазон потенційної освіти (30,6 – 40,6 тис. тонн на рік) та збору брухту (6,7 – 7,9 тис. тонн на рік) друкованих плат до. На підставі отриманих оцінок був розрахований коефіцієнт збирання брухту друкованих плат (20%). Порівняльний аналіз з

Підп. і дата
Інв.№докл.
Взаєм.інв.№
Інв.№дубл.
Підп. і дата

ринками брухту друкованих плат розвинених країн (країни Скандинавії) показав наявність потенціалу збільшення збору брухту друкованих плат до, що свідчить про недостатній рівень переробки брухту друкованих плат.

На сьогодні на звалищах та полігонах ТПВ розміщено близько 171,4 тис. тонн брухту друкованих плат у складі побутової техніки та електроніки, яка негативно впливає на навколишнє середовище. Подальший аналіз потенціалу збільшення збору повинен базуватися на дослідженні економіки збору та переробки брухту друкованих плат в Україні.

## 2.2 Оцінка економічної ефективності пірометалургійного засобу переробки лому друкованих плат

Діяльність виробничих підприємств полягає у прийнятті щоденних рішень технічного та організаційного характеру, які необхідні для підвищення ефективності виробничого процесу та всієї роботи підприємства загалом. Доцільність впровадження таких рішень повинна розглядатися не тільки з технічної точки зору, але й економічної. Не всі прогресивні технічні рішення може бути економічно ефективними. Тому необхідна перевірка економічної доцільності запровадження будь-якої інновації на підприємстві з урахуванням особливостей його функціонування [41].

Вилучення шляхетних металів з вторинних матеріалів із застосуванням пірометалургійної схеми переробки лому друкованих плат включає шість основних металургійних процесів:

- плавлення концентратів на штейні;
- конвертування мідного штейну;
- вогневе рафінування;
- електролітичне рафінування;
- плавлення шламу шляхетних металів;
- плавлення афінованого золота.

Плавлення брухту відбувається у шахтній печі. Шахтні печі працюють за

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	TC 19510081	Арк
						36
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

принципом протитечії - шихта і паливо завантажуються зверху і опускаються вниз, розжарені гази, що виконують роль окислювача або відновника, пронизують шихту знизу вгору. У міру плавлення рівень металу опускається та роблять завантаження нової порції шихти. У нижню частину печі через фурми вдмухують повітря. Максимальні температури (1350-1550) °С розвиваються в області фурм при згорянні палива та шихти. Процес йде з високим виділенням тепла, за рахунок чого відбувається плавлення шихти. Теплообмін між газами та шихтою здійснюється протитечею, що забезпечує високий коефіцієнт використання тепла (до 85%) [52]. У шахтних печах сировина піддається плавці з переведенням міді та дорогоцінних металів у мідь чорну та штейн печі шахтної. Цинк, свинець, олово розподіляються між сублімаціями, які вловлюються при очищенні газів. Отримана чорна мідь та штейн прямують у конвертер.

Конвертування – це процес окиснення з наступним перекладом в шлак основних хімічних елементів: залізо, олово, цинк, нікель, сірка, миш'як і т.д. Процес конвертування чорної міді та штейна відбувається в конвертор шляхом продування розплаву всередині конвертера через фурми повітрям. Кінцевим продуктом процесу конвертування є чорнова мідь, що розливається у виливниці. Вага зливка чорнової міді може досягати 1500 кг. Хімічний склад чорнової міді: 96,0 - 99,4% Cu, 0,01 - 0,04% Fe, 0,02 – 0,1% S, 100 – 500 г/т Au, 1000 – 2500 г/т Ag.

Третім етапом переробки є вогневе рафінування міді чорної. Мета операції: видалення шкідливих домішок (таких як кисень, сірка, залізо, нікель, цинк, свинець, миш'як, розчинені гази) та отримання мідних анодів. Зміст міді в анодах після процесу рафінування становить 99,4 – 99,6 % [52]. Процес рафінування проходить в стаціонарної (відбивної) печі. Паливом служить мазут, за допомогою якого відбувається опалення печі. Як окислювач використовують повітря, відновлювача – природний газ.

Отримані аноди вирушають електролітичне рафінування. Основна мета цього переділу - отримання катодної міді високої частоти (99,0 - 99,97% міді), що задовольняє вимогам електротехнічної промисловості, а також вилучення

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

								ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					37

рідкісних і благородних металів шлам. Аноди та катода розташовують паралельно один до одного у ваннах. Ванни наповнюють електролітом, що складається з водного розчину сульфату міді та вільної сірчаної кислоти. Аноди мають позитивний, а катода негативний заряд. В результаті різниці потенціалів відбувається електрохімічне розчинення міді на аноді та осадження чистої міді на катоді.

Домішки, що знаходяться в аноді, осідають на дні ванни у вигляді шламу. Катодна мідь відправляється на реалізацію замовнику, а шлам шляхетних металів на одержання сплаву Доре у відділення переробки шламів. Основними характеристиками, що визначають параметри та показники електролітичного рафінування міді, є щільність струму, вихід металу по струму, напруга на ванні, питома витрата електроенергії.

Плавлення лому шляхетних металів є п'ятим етапом переробки електронного лому пірометалургійним способом. У відділення переробки шламів після циклу обмежування, шлам переплавляється у відбивній печі. У процесі плавки та рафінування відбувається повне видалення домішок шляхом їхнього сильного окислення. Отриманий сплав срібно-золотий прямує в афінаж, де відбувається процес поділу та рафінування золота та срібла.

Після розчинення в царській горілці золота та срібла розчин фільтрується. Отриманий золотий шлам із вмістом золота 99% вирушає на плавки в індукційній печі. З печі золото виливається у зливки чи гранули.

Розрахунок витрат паливо-енергетичних ресурсів повного технологічного циклу на переробку брукту друкованих плат пірометалургійним способом є досить трудомістким через свою багатостадійність. Крім того, супутні питомі витрати ПЕР на кожній із стадій є незначними порівняно з питомими витратами ПЕР на основне обладнання. Виходячи з цього, було ухвалено рішення виконати розрахунки питомих витрат ПЕР на переробку брукту друкованих плат за основним обладнанням шести основних металургійних процесів [53].

Процес переробки брукту друкованих плат має бути економічно ефективним, як будь-який інший технологічний процес. І тому необхідно

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№лодл.

ТС 19510081

Арк

38

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

визначити основні економічні показники ефективності.

Враховуючи, що обсяг інформації з переробки лому друкованих плат невеликий, то в даному випадку слід обмежитися оцінкою економічної ефективності технологій за основними статтями витрат.

Для порівняння технологій переробки брухту друкованих плат доцільно розглянути такі показники економічної ефективності:

- основні витрати;
- маржинальний прибуток;
- рентабельність переробки.

Поведінка витрат значною мірою залежить від зміни рівня ділової активності, т. е. від зміни обсягу виробництва. Інформація про поведінці витрат, необхідна керівнику для прийняття різних управлінських рішень, може бути отримана за допомогою маржинального підходу, в основу якого покладено концепцію маржинального прибутку [38].

Маржинальний прибуток - це різниця між виручкою від реалізації продукції та змінними витратами (при розрахунку на весь обсяг реалізованої продукції) або різницю між продажною ціною одиниці продукції та змінними витратами, що припадають на одиницю продукції.

Для розрахунку маржинального прибутку необхідно витрати на виробництво та реалізацію продукції подати у вигляді суми змінних та постійних витрат, формула (1):

$$З = З_{\text{пер}} + З_{\text{пост}}$$

Змінні витрати – частина поточних витрат виробництва, загальна величина яких весь обсяг змінюється прямо пропорційно зміні обсягу виробництва; у розрахунку на одиницю продукції вони залишаються незмінними.

Постійні витрати – частина поточних витрат виробництва, загальна сума яких не залежить від того, багато чи мало продукції вироблено чи продано. За зміни обсягу виробництва загальна величина постійних витрат не змінюється або змінюється незначно; у розрахунку на одиницю продукції вони змінюються обернено пропорційно до зміни обсягу виробництва.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

В даному випадку для оцінки ефективності технологій переробки лому друкованих плат враховуватимуться лише змінні витрати, а саме витрати на придбання сировини та матеріалів ( $Z_{\text{сир}}$ ;  $Z_{\text{мат}}$ ) та витрати на паливно-енергетичні ресурси ( $Z_{\text{ТЕП}}$ )

Інші статті витрат (з/пл робітникам, обслуговування обладнання та т.д.) не використовуємо в розрахунках, оскільки завданням є порівняння технологічних операцій переробки брухту і це припущення не вплине на кінцевий результат.

Для визначення витрат на сировину необхідно розрахувати скільки потрібно переробити електронний брухт, щоб отримати 1 кг золота. У розрахунку прийнято вміст золота 185 гр/т, виходячи з того, що у брухті друкованих плат вміст Au становить від 0,005 до 0,032 % (50 – 320 гр/т). Отже, для отримання 1 кг чистого золота потрібно 5,4 тонни брухту друкованих плат.

### 2.3 Оцінка економічної ефективності механічного засобу переробки лома друкованих плит у поєднанні з гідрометалургійною обробкою

Вилучення благородних металів із вторинних матеріалів із застосуванням гідрометалургійних процесів можна умовно розділити на дві стадії. На першій стадії відбувається розтин продукту у водному розчині із застосуванням мінеральних чи органічних речовин. При цьому залежно від складу матеріалу та застосовуваних реагентів можливо селективне відокремлення неблагородних домішок від шляхетних складових або повний переведення всіх компонентів у розчин. На другій стадії відбувається вилучення цінних компонентів із розчину [22].

Переробка лому друкованих плат викликає особливі проблеми. Вони виникають у разі, коли благородний метал «екранований» від контакту з розчинником [26].

Механічна стадія переробки брухту друкованих плат включає в себе наступні операції:

- роторна дробарка;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						40



- молотковий дезінтегратор;
- повітряна сепарація;
- електростатична сепарація;
- магнітна сепарація.

Лом надходить у роторно – ножовий подрібнювач, де відбувається дроблення плат та шматків блоку. Далі по конвеєру матеріал надходить у ударно – роторний дезінтегратор, який дозволяє отримувати після первинного подрібнення на виході розміри частинок трохи більше 5 – 7 мм. Даний етап забезпечує інтенсивне руйнування шаруватої структури плати.

Далі по дорозі матеріалу йде гуркіт. Він поділяє фракції та спрямовує відповідну на подальшу переробку.

Не прошедши через грохот фракція, відправляється на повторне дроблення для отримання необхідного розміру.

Подрібнена фракція прямує на повітряну сепарацію, де відбувається виділення пластику, що може бути реалізований підприємствам для відповідної переробки. Цей цикл дозволяє виділити до 92% металів [37].

Наступний етап електростатична сепарація призначений виділення кераміки. Даний метод дозволяє виділити 92 - 98% металів у залежно від якості брукту. Неелектропровідна фракція відправляється на утилізацію, а електропровідна на магнітну сепарацію.

Метою магнітної сепарації є відокремлення чорних металів. Для цього використовують барабанні магнітні сепаратори з низькоградієнтом. магнітне поле. Отримана в результаті сепарації феромагнітна фракція (близько 40%) відвантажується на реалізацію.

В результаті перерахованих вище процесів виходить поліметалевий концентрат, який необхідно розділити на окремі метали.

Процес розчинення починається з додавання до реактора «царської горілки». Наступним кроком є фільтрація отриманого розчину. Золотовмісний розчин надходить на кондиціювання у вискоконцентрований розчин азотної кислоти при температурі 80 - 90 С0 для видалення залишкового вмісту хлориду

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№поодл.

ТС 19510081

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

41

срібла та нерозчинної частини платини та паладію. Отриманий золотий шлам плавиться в індукційній печі з графітовим тиглем. Продуктом плавки є золото в злитках або золоті гранули.

Основне обладнання для реалізації переробки брухту друкованих плат механічним способом із застосуванням гідрометалургійної обробки і ПЕР представлені в таблиці 2.2 За аналогією з першим способом у таблиці будуть враховані лише основні паливно-енергетичні ресурси.

Таблиця 2.2 - Потреба лінії переробки друкованих плат гідрометалургійним засобом енергетичних ресурсах

Найменування обладнання	Найменування ТЕР	Значення ТЕЗ Од. вим.	Коефіцієнт перекладу у т.у.т	Значення ТЕР, т.у.т./од.пр
Дробарка 2-х типів	Електроенергія	0,134 кВт ч	0,123	0,016
Гуркіт	Електроенергія	0,015 кВт ч	0,123	0,002
Електростатичний сепаратор	Електроенергія	0,008 кВт ч	0,123	0,001
Магнітний сепаратор	Електроенергія	0,008 кВт ч	0,123	0,001
Реактор розчинення та кондиціювання	Електроенергія	0,003 кВт ч	0,123	0,0004
Електролізер	Електроенергія	0,397 тыс.кВт ч /од.пр	0,123	0,048
	Пар	0,035 Гкал/од.пр	0,123	0,005
Вакуумний насос	Електроенергія	0,022 кВт ч	0,123	0,003
Індукційна піч	Електроенергія	0,045 тис.кВт ч /од.пр	0,123	0,005
Разом				0,081

З наведених даних можна дійти невтішного висновку, що механічна обробка споживає менше паливно – енергетичних ресурсів, ніж гідрометалургійна обробка.

Підприємствам для ухвалення економічно-обґрунтованих рішень при виборі засобу переробки брухту друкованих плат необхідний комплексний підхід, який включає порівняння технологічних процесів, необхідних ресурсів, продуктивності установок, умов застосування технологій.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

					ТС 19510081		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			42

## РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ВИБОРУ ЗАСОБУ ПЕРЕРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ І ЛАМУ

### 3.1 Алгоритм вибору засобу переробки електронних відходів і лама

У разі конкуренції підприємствам кольорової металургії для економічної стабільності необхідне постійне вдосконалення виробничої діяльності [38]. Диверсифікація, пов'язана з переробкою електронного брухту, є одним із напрямків удосконалення.

У теорії та практиці інвестицій різними авторами запропоновано широке розмаїття методичних підходів до оцінки ефективності розроблених інвестиційних проектів.

Запропонований нами методичний підхід визначення вибору розвитку підприємства включає такі етапи:

- виявлення тенденцій в галузі поводження з електронними відходами;
- розробка алгоритму вибору способу переробки електронного брухту;
- оцінка економічної ефективності способу переробки;
- ухвалення рішення про вибір напрямку переробки електронних відходів та брухту.

Світові тенденції такі, що обсяги електронних відходів стрімко зростають і до 2022 року досягнуть позначки 60 млн. тонн. У Україні ця цифра становить близько 5 млн. тонн і щорічний приріст варіюється в межах 5-7%. Наявність такого великого джерела драгсодержущого сировини є потенційним прибутком для підприємств кольорової металургії.

Для дослідження можливості переробки брухту друкованих плат на підприємствах кольорової металургії необхідно враховувати такі основні організаційно-технологічні характеристики:

- запланований сортамент продуктів, що випускаються;

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

					ТС 19510081		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			43

- якісні та кількісні параметри ресурсів технологічного процесу, що складаються із сировинних, матеріальних, енергетичних, технологічних, організаційних;

- економічна оцінка ефективності технологічного процесу;

- організаційні характеристики технологічного об'єкта, що включають рівень адекватності технології цілям, що ставляться, аналіз технологічних ризиків, наявність альтернатив і способи освоєння обраної технології і т.д.;

- зовнішні фактори, до яких відносяться експлуатаційні вимоги, вимоги екологічності процесу, характеристика ринку продукції, що виробляється і т. д. [29].

Найбільш значущим критерієм ефективності при виборі організаційно-технологічного рішення є економічна оцінка ефективності технологічного процесу.

Тому для обґрунтування обраної технології необхідно провести економічний розрахунок на основі методики розрахунку техніко-економічних та виробничих показників

Дані результати є однією з умов прийняття позитивного рішення щодо доцільності впровадження технологічного циклу з переробки брухту друкованих плат у виробництво.

Труднощі при розгляді питання про можливість переробки брухту друкованих плат на підприємствах кольорової металургії, викликає вибір способу переробки брухту друкованих плат.

Для реалізації цього напрямку діяльності підприємству необхідно знайти інноваційне технологічне рішення, що дозволяє ефективно отримувати дорогоцінні метали із сировини з дуже низьким вмістом.

Правильний вибір способу переробки брухту друкованих плат для конкретного підприємства є основою успішної діяльності та фактором довгостроковій конкурентоспроможності [34].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

ТС 19510081

Арк

44

Для правильного вибору технології підприємства слід проаналізувати конкретні вимоги. Усі вимоги, що висуваються підприємствами під час виборів способу переробки можна як алгоритму.

На основі даного алгоритму можливо:

- виконати аналіз способів переробки, а саме порівняти два найбільш поширених технологічних процесів: пірометалургічний та гідрометалургічний процеси;

- порівняти відповідні їм технологічні критерії, які включають ступінь вилучення, енергоємність процесу, ступінь автоматизації, термін виробництва готової продукції;

- порівняти відповідні їм організаційні критерії, які включають термін введення технологічного процесу, технічні можливості підприємства (ким буде здійснено монтаж обладнання), термін освоєння виробництва.

Ухвалення рішення про впровадження засобу переробки брухту друкованих плат у виробництво складається з наступних циклів:

- формування мети про можливість застосування способу переробки лому друкованих плат;

- збір інформації з метою проведення наступної оцінки;

- вибір шляху для здійснення мети;

- визначення капітальних вкладень та джерел фінансування;

- попередній вибір способів переробки;

- оцінка способів переробки за технологічними та організаційними критеріями;

- оцінка економічної ефективності способу переробки брухту друкованих плат;

- ухвалення рішення про впровадження у виробництво.

Збір інформації з метою проведення наступної оцінки включає у собі пошук відомостей про сучасний стан переробки електронних відходів та брухту, ємності ломуутворення, засобів придбання та постачання сировини і т.д.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

					ТС 19510081		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			45

За наявності основного обладнання для переробки лому друкованих плат проводиться оцінка про можливість впровадження циклу на чинному виробництві. Для цього визначаються капітальні вкладення на переоснащення основних виробничих фондів та оцінюється наявність джерел фінансування. При позитивному результаті проводиться оцінка економічної ефективності, основним критерієм якої є визначення показника інтегрального економічного ефекту.

Показник ЧДД одна із найчастіше застосовуваних показників з метою оцінки ефективності інвестиційного проекту.

Чистий дисконтований прибуток підприємства від інвестиційного проекту ЧДД визначається як різниця між загальною дисконтованою вартістю надходжень коштів та вартістю дисконтованих витрат.

Необхідно зазначити, що зі зниженням ставки дисконту ЧДД збільшується. Умовою прийняття рішення щодо запровадження циклу переробки брухту друкованих плат є такі критерії [41]:

- якщо  $ЧДД > 0$ , проект слід прийняти до реалізації;
- якщо  $ЧДД < 0$ , проект неефективний, слід відхилити;
- якщо  $ЧДД = 0$ , цей проект не змінить добробут підприємства, підприємство збільшиться у масштабах, але не отримає прибутку.

Якщо вибирається шлях будівництва нового виробництва з переробки лому друкованих плат, першим етапом є визначення капітальних вкладень у реалізацію проекту. За наявності джерел фінансування здійснюють вибір способу переробки лому друкованих плат.

Вилучення дорогоцінних металів ґрунтується на двох базових способах переробки: пірометалургічний та гідрометалургічний. Далі вводяться обмеження за технологічними критеріями: ступінь вилучення, енергоємність, термін виробництва готової продукції, автоматизація технологічного процесу, віддаючи перевагу найбільш продуктивним.

При задоволенні даних критеріїв необхідно визначитися з організаційною частиною здійснення проекту, а саме: визначення терміну будівельно-монтажних

Інв.№поذل.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

робіт; оцінка технічних можливостей підприємства; визначення терміну виходу на повну виробничу потужність.

Якщо жоден із способів переробки не відповідає пред'явленим вимогам, то застосовують поєднання способів. Зокрема, використання попередньої механічної обробки для отримання більш однорідного сировини, економії паливно-енергетичних ресурсів та скорочення часу виробництва готової продукції.

В результаті вищенаведеного порівняльного аналізу визначається оптимальний спосіб переробки брухту друкованих плат.

Для ухвалення рішення про впровадження у виробництво циклу з переробки брухту друкованих плат проводиться оцінка економічної ефективності за такими основними показниками:

- чистий дисконтований дохід (ЧДД);
- внутрішня норма прибутковості (ВНП);
- індекс прибутковості інвестиції (ІП);
- термін окупності проекту.

Внутрішня норма доходності характеризує максимальну віддачу, яку можна отримати від проекту, тобто ту норму прибутку на вкладений капітал, за якої чистий дисконтований дохід дорівнює нулю.

Індекс прибутковості інвестицій показує, скільки рублів чистого доходу отримає інвестор за кожен карбованець вкладених у проект одноразових витрат.

Умови прийняття проекту за цим інвестиційним критерієм наступні:

- якщо  $ВД > 1$ , то проект слід ухвалити;
- якщо  $ВД < 1$ , то проект слід відхилити;
- якщо  $ВД = 1$ , проект ні прибутковий, ні збитковий.

Дисконтований термін окупності інвестиційного проекту – мінімальний часовий інтервал від початку здійснення проекту, за який відшкодуватимуться початкові капітальні витрати сумарними результатами від реалізації проекту [12].

Для визначення критичного обсягу виробництва розраховується точка беззбитковості.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

ТС 19510081

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

47

Точка беззбитковості – це мінімальний обсяги виробництва продукції (у натуральних одиницях), у якому прибуток дорівнює нулю. Значення точки беззбитковості розраховується за такою формулою [23].

Під час вирішення завдання вибору способу переробки підприємству необхідно визначитися з головним питанням: будувати нове виробництво або проводити реконструкцію чинного виробництва. Критерієм вибору є порівняння показників економічної ефективності. Незважаючи на те, що капітальні вкладення при реконструкції діючого виробництва значно нижчі, ніж при будівництві нового виробництва, і повернення інвестицій настане на більш ранньому етапі, слід враховувати термін експлуатації основних виробничих фондів.

Головну роль довгостроковій перспективі під час виборів інвестиційних вкладень створення нового виробництва чи реконструкцію діючого вирішують тенденції щодо утворення електронних відходів. Нині щорічні темпи зростання електронних відходів становлять близько 7% і з кожним роком неухильно зростають. Тому переробка електронних відходів є перспективним напрямом для підвищення ефективності діяльності підприємства. Виходячи з вищесказаного, можна зробити висновок, що максимального економічного ефекту, враховуючи тенденції ломутворення, можна досягти тільки при будівництві нового виробництва.

### 3.2 Ефективність проекту з переробки лому друкованих плат

Основною метою створення проекту з переробки лому друкованих плат є визначення економічних показників, що дозволяють прийняти рішення про доцільність переробки.

Очікувані результати проекту:

- вилучення прибутку від переробки лому друкованих плат;
- зниження негативного впливу на довкілля;
- скорочення кількості неперероблених електронних відходів;
- поліпшення соціального середовища шляхом створення робочих місць.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			48



Перспективи розвитку проекту:

- розширення сортаменту сировини електронних відходів, що переробляється;
- збільшення обсягів виробництва;
- використання комплексної переробки електронного брухту, з отримання додаткового прибутку з допомогою реалізації попутних товарів.

Критеріями оцінки успішності проекту є:

- дотримання термінів реалізації проекту;
- Оснащеність необхідним обладнанням;
- діяльність відповідно до чинного законодавства;
- наявність фінансових ресурсів.

Відповідно до розробленого алгоритму та результатів економічних показників, отриманих у другому розділі було визначено, що найбільш прийнятним способом переробки є пірометалургійний з попередньою механічною обробкою.

Механічна стадія переробки брухту друкованих плат включає в себе наступні операції:

- роторна дробарка;
- молотковий дезінтегратор;
- повітряна сепарація;
- електростатична сепарація;
- магнітна сепарація.

За запропонованою схемою можливе скорочення паливно-енергетичних ресурсів за рахунок виключення з виробничого циклу шахтної плавки та конвертування.

Перед цих технологічних процесів припадало близько 80% паливно-енергетичних ресурсів В результаті даного технологічного рішення відбувається значне зниження обсягу викиду шкідливих речовин, що позитивно позначиться екологічної обстановці у регіоні.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510081

Арк

49

На рисунку 3.1 представлена технологічна схема переробки лому друкованих плат пірометалургійним способом у поєднанні з механічною обробкою.

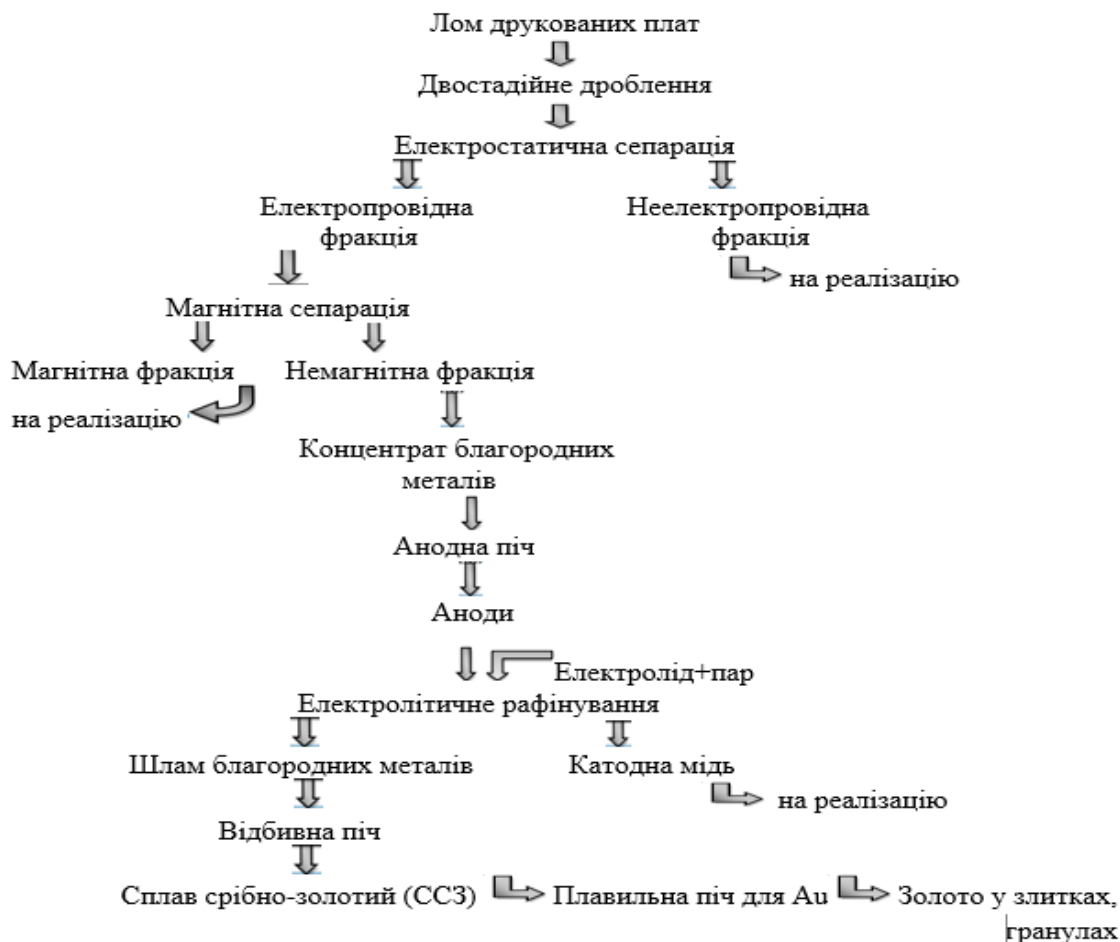


Рисунок 3.1 Схема технологічного процесу з переробки брухту друкованих плат пірометалургійним засобом у поєднанні з механічним обробленням.

Успішність проекту може бути визнана у таких випадках:

- реалізація проекту здійснена у задані терміни;
- фінансування проекту відповідає проектному значенню;
- проект успішно працює у штатному режимі;
- збільшення кількості брухту друкованих плат, що переробляється;

зниження негативного впливу на довкілля.

З метою визначення складу операцій було застосовано методику послідовної ієрархічної структури робіт проекту. Дана методика дозволяє розділити проект окремі частини, управляти якими значно простіше.

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Декомпозиція завдань є схему, представлену малюнку 3.2, де завдання проекту відбивають їх ставлення друг до друга і до проекту загалом. Ієрархічна структура проекту заснована на графічній природі, яка допомагає передбачити результати, що ґрунтуються на випадкових сценаріях. Декомпозиція використовується для того, щоб структурувати та розділити проект на легкокеровані компоненти.

Структура організації робіт включатиме 4 основні фази:

- початкова фаза: розробка концепції проекту: (збір вихідних даних, визначення мети та завдань, затвердження концепції), створення системи контролю та формування команди проекту;
- проектно-розвідувальні роботи: розробка проектно-кошторисної документації (видача завдань, складання кошторису, затвердження проекту), проведення переговорів, отримання ліцензії щодо поводження з відходами;
- будівництво об'єкта: будівельно-монтажні роботи, закупівля та постачання обладнання, матеріалів та комплектуючих, монтаж обладнання;
- завершення проекту: укладання договорів і контрактів, укладання контрактів на реалізацію продукції.

Виробнича потужність підприємства (цеху) є максимально можливий річний обсяг виробництва продукції заданої якості, асортименту та номенклатури виробів за умов повного використання фонду часу роботи та паспортної продуктивності обладнання з урахуванням застосування прогресивної технології та передових методів організації та управління виробництвом [32]. Загальна виробнича потужність для безперервних виробництв визначається за такою формулою :

$$M_{\text{непр}} = \Pi \times T_{\text{эф}}$$

де  $\Pi$  - продуктивна потужність продукції за зміну, що надається виробником обладнання, од/год;

- ефективний фонд часу роботи обладнання, год;

У безперервних виробництвах ефективний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою :

Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Підп. і дата	Інв.№
	дубл.		подл.

$$T_{эф} = T_{кал} - T_{рем}$$

Продуктивність провідного обладнання – 240 т брухту друкованих плат на місяць. Час простою обладнання в планово-попереджувальних ремонтах складає 25 днів на рік.

Отже, можна прийняти виробничу потужність за повного освоєння рівним 2700 т брухту друкованих плат на рік.

Проект передбачає створення нового виробництва на чинному підприємстві. На території підприємства є всі необхідні умови для будівництва нового виробництва:

- підготовлений майданчик із необхідною інфраструктурою;
- забезпеченість необхідними енергоресурсами;
- кваліфікований персонал.

На підставі розробленої технологічної схеми річної продуктивності цеху в одиничній потужності обладнання розраховується необхідна кількість основного та допоміжного обладнання.

Вартість основного обладнання визначається за прейскурантами оптових цін. Дрібне та невраховане обладнання, контрольно-вимірювальне обладнання (КВП), автоматизація, монтажні роботи та транспортні витрати приймається у відсотковому відношенні до загальної вартості обладнання [44].

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	
					<b>ТС 19510081</b>
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Арк 52

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на виробництві в надзвичайних ситуаціях

На підприємстві основними факторами ризику є речовини з вибухонебезпечними та пожежонебезпечними властивостями. Найбільшу небезпеку для працівників підприємств, з якою їм доводиться стикатися щодня, становлять гази та пари хімічних речовин, які згубно впливають на організм людини, спричиняють різні захворювання, приводять до інвалідності, навіть до загибелі людини.

Основні завдання підприємства – розробити заходи, щодо зниження негативних наслідків від використання вибухонебезпечних, пожежонебезпечних, токсичних та канцерогенних речовин на працівників, задіяних на підприємствах локомотивного депо. Під впливом шкідливих речовин, організм людини зазнає різних порушень. Ці порушення виявляються, як гострі і хронічні професійні отруєння.

Шкідлива речовина – це речовина, яка при контакті з організмом людини, в разі порушення вимог безпеки, може викликати виробничі травми, професійні захворювання, чи відхилення в стані здоров'я, які можуть бути виявлені сучасними методиками, як у процесі контакту з нею, так і у віддалені строки життя нинішнього і прийдешнього покоління.

Характер дії шкідливої речовини, при будь-якій формі отруєння, визначається ступенем її фізіологічної активності – токсичністю. Токсичність – це міра несумісності шкідливої речовини з життям, це властивість шкідливої речовини, при потраплянні будь-яким шляхом в організм, шкодити здоров'ю живої істоти, або призводити до її смерті. Основними показниками оцінки токсичних навантажень на людину є концентрація, доза і токсодоза.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510081	Арк
						53
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Більшість груп складової нафти, та значній частині їх рецептурних компонентів притаманна алергенна активність різної інтенсивності. При застосуванні таких композицій оцінка фактору ризику набуває особливої актуальності через реальну можливість безпосереднього контакту працівників з потенційними алергенами.

Шкідливі компоненти нафтопродуктів не повинні викликати у працюючих, при умові застосування ними засобів індивідуального захисту органів дихання, ознак отруєння, розвитку захворювань хімічної етіології та інших функціональних порушень в організмі, а також зміни працездатності.

Небезпека пожеж для життя та здоров'я людини, пов'язана з впливом таких факторів, як полум'я, дим, понижені концентрації кисню, токсичні хімічні речовини, які виділяються у повітряне середовище приміщення, та на шляхах евакуації людей. Ступінь її повинна оцінюватися при гігієнічній регламентації видобутку і транспортуванні нафти.

Для вентиляції цехів застосовуються промислові вентиляційні системи витяжного, припливного і припливно-витяжного типу. Такі системи розраховані на великі навантаження, тривалу роботу без зупинки, переміщення забрудненого повітря, пилу і високотемпературне робоче місце. Якщо на підприємстві встановлено професійно спроектована виробнича вентиляційна система, підприємство отримує відразу кілька переваг: на обладнанні і агрегатах не конденсується волога, деталі з металу не окислюються, виконуються вимоги охорони праці: у вентиляованих цехах працювати комфортно, персонал менше хворіє, підвищується працездатність, а ймовірність помилки знижується. Видаляється забруднене повітря, яке містить небезпечні для здоров'я складові (гази, важкі домішки, пил). Дотримуються норми охорони праці та вимоги ДБН, ГОСТ, ДСТУ. Забезпечується пожежна безпека. Перш ніж запропонувати оптимальне для даного підприємства рішення, фахівці аналізують архітектурний план будівлі, вивчають особливості робочого процесу (кількість персоналу, в залежності від зміни), враховують розташування всіх джерел виділення тепла і

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

					ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		54

шкідливих речовин, а також норми вологості і температури для існуючого цеху або приміщення. Після цього робиться точний розрахунок необхідного повітрообміну, пропонується оптимальна схема вентиляції підприємства і підбирається найбільш ефективне обладнання.

Усі промислові системи загальної вентиляції повинні мати автоматизоване управління з автоматичним регулюванням вентобладнання. Система програмується, а її датчики аналізують параметри клімату в цехових приміщеннях. Якщо параметри виходять за допустимі межі, вентобладнання відключається або активується, поки контрольовані показники не прийдуть в норму. Місцева система вентиляції виробництва частіше запускається і управляється вручну – вона має промисловий автоматичний вимикач без підключення до щита управління. Пошук оптимальної вентиляційної системи для цеху або виробництва краще починати з консультації з фахівцями.

Для надійного захисту людей і майна у вибухонебезпечних зонах на підприємствах видобутку і транспортуванні нафти необхідні спеціальні рішення, спрямовані на швидке і надійне виявлення загорянь.

Для надійного захисту людей і майна потрібні спеціальні рішення для швидкого і надійного виявлення загорянь. З одного боку, пожежні сповіщувачі та периферійні пристрої повинні бути достатньо надійними, щоб протистояти несприятливим умовам навколишнього середовища. А з іншого боку, вони повинні бути досить чутливими, щоб виявити навіть найменше загоряння, щоб своєчасно передати надійний сигнал тривоги.

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» (стаття 13. Управління охороною праці та обов'язки роботодавця) роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства, щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме: розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства, та встановлюють правила

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

ТС 19510081

Арк

55

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, робочих місцях, відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці.

Також істотні зобов'язання роботодавця визначаються у колективному договорі (угоді). Сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи, щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійного захворювання, аваріям і пожежам, визначають обсяги та джерела фінансування зазначених законів.

Насамперед слід приділяти максимальну увагу інструктажам та навчанню працівників виробництва, постійно застерігати та ознайомлювати їх з можливими нововведеннями в умови праці. Для зниження рівня впливу шкідливих речовин необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту, які не можуть бути джерелом небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони повинні мати високу захисну ефективність, забезпечувати зручність при експлуатації і відповідати вимогам технічної естетики і ергономіки:

- для захисту органів дихання від пилу – респіратори фільтруючої дії ШБ–1 «Пелюсток–2000», «Пелюсток–40», «Пелюсток–5»;
- для захисту органів дихання від парів органічних та інших розчинників;
- універсальний респіратор РУ–60М-А, респіратор РПГ–67А, шланговий дихальний апарат РМП–62, шланговий протигаз ПШ–1, ПШ–2, пневмокостюми;
- для захисту очей від пилу і бризів застосовують окуляри закритого типу ЗП2–84 і ЗП3–84, ЗГІ–90, напівмаски, що прикривають обличчя і шию;
- для захисту шкіри рук, для профілактики дерматозів і травм, використовують технічні гумові рукавички типу А, а також використовують захисні мазі та пасти;
- для захисту ніг використовують спецвзуття;

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата



– з появою нудоти, головного болю, посиніння рук, інших ознак отруєння, необхідно звернутися до лікаря, попередивши про це майстра.

Відповідно до Законів України «Про охорону праці» (ст.41 «громадський контроль за додержанням законодавства про охорону праці» (ст.21 «Повноваження профспілок, їх об'єднань, щодо захисту прав громадян на працю, та здійснення громадського контролю за додержанням законодавства про працю» та підпункт 12 ст.38 «Повноваження виборного органу первинної профспілкової організації на підприємстві, в установі, організації») профспілки, в особі своїх виборних органів і представників здійснюють громадський контроль за додержання роботодавцями вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, створення безпечних і здорових умов праці, належних виробничих і санітарно-побутових умов, забезпеченням працівників спецодягом, взуттям та іншими засобами індивідуального і колективного захисту, представляють інтереси членів профспілок з усіх питань охорони праці в органах державної виконавчої влади і місцевого самоврядування, у відносинах з роботодавцями, об'єднаннями роботодавців та громадян.

У разі загрози життю або здоров'ю працівників, профспілки мають право вимагати від роботодавця негайного припинення робіт на робочих місцях, виробничих ділянках, цехах та інших структурних підрозділах, в цілому на період, необхідний для усунення загрози життю або здоров'ю працівників.

Одним з дієвих заходів з покращення стану охорони праці на виробництві є перевірка наявності та відповідності вимогам чинного законодавства України (Закони, Постанови, Накази, Правила, Стандарти, Регламенти, тощо) документації з охорони праці та усунення виявлених недоліків і порушень.

Крім того для реалізації усіх прав працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці, на відшкодування шкоди, у разі ушкодження здоров'я працівників, або у разі їх смерті, законодавство вимагає документального підтвердження незадовільних умов праці, зв'язку страхового випадку з виконанням трудових обов'язків, тощо.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

ТС 19510081

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

57

Ретельна перевірка наявної на підприємстві документації з охорони праці може виявити та усунути до третини усіх порушень вимог охорони праці, та сприяти повній реалізації прав працівників, наданих їм трудовим законодавством.

Проводиться робота з впровадження в Україні національних стандартів що відповідають сучасним вимогам та є ідентичними європейським (EN) та міжнародним (ISO). Так з 01.07.2013 року набули чинності такі стандарти, як ДСТУ EN 1062 – 1:2012 та ДСТУ EN 13300:2012; з 01.07.2014 – ДСТУ ISO 1544:2013, з 01.01.2015 – ДСТУ ISO 1513:2014, ДСТУ ISO 4618:2014.

#### 4.2 Дія персоналу підприємства під час вибуху парів легкозаймистої речовини

Витікання та випаровування легкозаймистих речовин, їх вибухи, в основному, спричинені нагріванням під час пожежі, розгерметизацією трубопроводів та ємностей з небезпечними речовинами. Вибухи надзвичайно збільшують площу горіння та сприяють утворенню нових вогнищ. Працівники, які перебувають поблизу, можуть підпадати під дію вибухової хвилі, зазнавати ураження уламками. Під впливом вибухів та високих температур, внаслідок втрати несучої здатності, відбувається руйнування будівельних конструкцій. В результаті люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. Внаслідок завалів евакуаційних виходів та значного руйнування шляхів евакуації, може стати неможливою евакуація працівників, в результаті чого може виникнути паніка. Паніка спричиняється, в основному, дуже швидкими змінами психічного стану людини, зазвичай депресивного характеру, в умовах екстремальної ситуації (вибуху, пожежі). Дії людини стають неконтрольованими та неадекватними, вона втрачає розсудливість. Паніка – це жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей.

На об'єктах з масовим перебуванням людей повинна бути розроблена та затверджена керівником інструкція, що визначає дії персоналу, щодо

Підп. і дата
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.
Підп. і дата
Інв.№поодл.

ТС 19510081

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

58

забезпечення швидкої та безпечної евакуації людей, за якою не рідше одного разу на пів року мають проводитися практичні тренування всіх задіяних працівників.

Найголовніше – в усіх випадках телефонувати за номером 101, повідомити керівництво об'єкта і приступити до ліквідації наслідків. Своєчасна евакуація людей із виробничих та складських приміщень при виникненні вибуху та пожежі є першочерговим завданням. У разі загрози життю людей необхідно негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього всі наявні сили і засоби, організувати зустріч підрозділів пожежної охорони та медичних працівників (швидка допомога), надати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку вибуху та пожежі. Потерпілим від вибуху та пожежі необхідно надати першу невідкладну допомогу:

- посадити або покласти постраждалого, негайно припинивши вплив високої температури;
- місця опіків облити великою кількістю води, але необхідно уникнути переохолодження постраждалого, особливо взимку
- якщо є можливість, то необхідно з уражених ділянок зняти паски, обручки, годинник, взуття, поки ці місця не почали набрякати;
- не можна доторкатися до обпеченої шкіри, намагатися зняти залишки згорілого одягу;
- всі опіки необхідно захистити, прикриваючи їх чистою тканиною без ворсу;
- для запобігання виникнення больового шоку, дати постраждалому знеболювальний засіб;
- давати випивати постраждалому рідину в достатній кількості;
- при можливості і потребі надати постраждалому кисневу маску;
- до прибуття швидкої допомоги, кожні 10 хвилин перевіряти пульс та дихання;
- в жодному разі не змазувати опіки ніякими кремами, лосьйонами, оліями та маслами, не проколювати пухирі.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

## ВИСНОВКИ

Огляд літературних джерел, присвячених тематиці дослідження, показав, що обсяг освіти ОЕЕО у світі з кожним роком неухильно зростає і нині сягає понад 50 млн. тон.

Основною проблемою при утилізації ОЕЕО, через яку виникає складність у виборі технології є багатоконпонентність сировини. Аналіз даних за технологіями зарубіжних компаній показує, що в основному їхня діяльність спрямована на комплексну переробку з метою вилучення не тільки шляхетних металів, а й інших цінних компонентів.

Найчастіше застосовується технологія пірометалургійної переробки електронного брухту. Враховуючи той факт що електронний брухт є «бідною» сировиною, то підприємствам кольорової металургії слід розробляти технологічні процеси таким чином, при якому можливе комплексне вилучення цінних компонентів.

На підставі проведеного аналізу було визначено, що сьогодні основною формою, яку приймають метали у сучасній електроніці та побутової техніки, є друковані плати. Тому для даного проекту в як основний вид сировини було обрано лом друкованих плат.

Оцінка рівня створення лому друкованих плат проводилася двома методичними підходами: на основі історичного споживання електроніки та побутової техніки та від величини утворення електронних відходів.

В результаті проведеної оцінки рівня ломутворення друкованих плат, ємність українського ринку знаходиться в діапазоні від 10,6 до 20,6 тис. тон на рік.

При цьому в роботі було пораховано коефіцієнт збору брухту друкованих плат, який становив 20%. Низький коефіцієнт збирання характеризується відсутністю достатніх економічних стимулів у споживачів електроніки. Для порівняння коефіцієнт збору в країнах Європи становить 48%.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№поодл.

					ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		60

Отримані дані вказують на те, що існує потенціал збільшення збору лому друкованих плат.

З метою вибору оптимальної технологічної схеми переробки лому друкованих плат, були розглянуті два поширені засоби переробки: пірометалургічний та механічний з гідрометалургійною обробкою. Результат порівняльного аналізу двох засобів переробки показав, що найбільш ефективним засобом переробки буде комбінована технологічна схема, тобто пірометалургічний спосіб з попередньою механічною обробкою.

У ході вирішення одного з поставлених завдань було розроблено методичний підхід до вибору напряму переробки електронних відходів та брухту, співвіднесений з тенденціями, що включає систему показників для вибору засобу та результати їх економічної оцінки, алгоритм прийняття рішення про засіб переробки, що дозволяє на основі отриманих результатів вибрати пріоритетні напрямки інвестування.

Інв.№подел.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081			
					Арк 61			

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Галушкіна Т. П., Яцков А. В. Регіональні пріоритети екологічної політики (на прикладі Одеської області) // Збірник наукових праць Луцького національного технічного університету. Вип. 7/27. Луцьк, 2010. С. 125–138.
2. Громадський рух «За право громадян на екологічну безпеку»: Газета Еко Безопасність. № 1–4. С. 9–12. URL: <http://ecopravo.org.ua/>.
3. Директива 2002/96/EC Європейського парламенту і ради від 27.01.2003 р. про відходи електричного й електронного обладнання (WEEE) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://certforum.ru/New-Approach-Directives/WEEEDirective-2002-96-EC-CertForum-Ru.pdf>
4. Душкін С. С., Дегтяр М. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія утилізації твердих побутових відходів». Харків : ХНАМГ, 2011. 86 с.
5. Електронні відходи стрімко забруднюють планету – ООН – Українська правда Життя [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://life.pravda.com.ua/society/2015/04/20/192826/>
6. Закон України «Про охорону праці».
7. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення" від 24.02.1994 р. № 4004-XII.
8. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18.01.2001 р. № 2245-III.
9. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25.06.1991 р. № 1264-XII.
10. Крайнов І. П., Крилюк Є. П., Шаго В. С. Управління екологічною безпекою в сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання: Екологічна безпека. 2012. № 1 (13). С. 13–17.
11. Кляченко О. Л. Екологічні біотехнології: теорія і практика / // Навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 130–135.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 19510081

Арк

62

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

12. Кулагін О. О., Еколого-гігієнічна оцінка та регламентація вмісту нафтопродуктів у чорноземному ґрунті і шляхи його біологічної ремедіації : дис... канд. мед. наук : 03.00.16. Дніпро, 2017. 423 с.

13. В. А. Іщенко. Поводження з небезпечними компонентами побутових відходів у Вінницькій області // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, м. Вінниця, 23-24 березня 2016 р. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2016/paper/view/1055>.

14. Сучасний стан політики поводження з електронними відходами в Україні та Європейському Союзі: кроки до зближення / Під заг. ред. О. М. Цигульової. К. : ВЕГО «МАМА-86», 2013. 172 с

15. Наказ ДП «УкрНДНЦ» від 05.11.2015 №145

16. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження від 8 листопада 2017 р. № 820-р // КМУ. Київ: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>.

17. Огляд стану адаптації законодавства України до acquis communautaire. URL: <http://77.121.11.22/ecolib/5/1/24.pdf>.

18. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України «Про затвердження форми реєстрової карти об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів та Інструкції щодо її складання». – Офіційний вісник України. 1999. № 12. С. 144.

19. Про відходи: Закон України від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1998. № 36–37. Ст. 242.

20. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у сфері поводження з відходами: Закон України від 21.01.2010 р. № 1825- VI. Відомості Верховної Ради України. 2010. № 10 (12.03.2010). Ст. 107.

21. Про затвердження Порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів : Постанова Кабінету Міністрів України від 01.11.1999 р. № 2034 : станом на 9 верес. 2020 р.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						ТС 19510081	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			63

22. Про управління відходами: Проект Закону України. №2207-1-д. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511-69033](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511-69033).

23. Про комплексне запобігання та контроль забруднень: Директива 96/61/ЄС Ради ЄС від 24 вересня 1996 р. 1010. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1996:257:0026:0040:EN:PDF>.

24. Про комплексне запобігання та контроль забруднень: Директива 2008/1/ЄС Європейського Парламенту та Ради ЄС від 15 січня 2008 року. URL: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:024:0008:0029:en:PDF>.

25. Роянов О. М. Пожежна безпека виробництв. Кафедра пожежної і технічної безпеки об'єктів та технологій Національного університету цивільного захисту України. Харків. 2016. 147 с.

26. Положення про Державну санітарно-епідеміологічну службу України (Затверджено указом Президента України від 06.04.2011 р. № 400).

27. Постанова КМ України "Про затвердження Технологічного регламенту будівельного виробу" від 20.12.2006 р. №1764 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 543 від 30.06.2010 р.).

28. Положення про експериментальне будівництво (Затверджено наказом Міністерства України у справах будівництва і архітектури від 27.12.93 р. № 245, зареєстровано у Мін'юсті України 11.02.1994 р. № 25/234) .

29. Утворення та утилізація відходів за матеріалами у 2011 році [Електронний ресурс] / Державний комітет статистики України. – Режим доступу [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/ns\\_rik/ns\\_u/utvut\\_u2011.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2012/ns_rik/ns_u/utvut_u2011.html)

30. Хомяков В.І., Коробченко Н.М. Менеджмент електронних відходів. Закордонний досвід // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки Вип. 24. 2009. С. 267–264.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 19510081

Арк

64

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------



31. Електронні відходи стрімко забруднюють планету – ООН – Українська правда Життя [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://life.pravda.com.ua/society/2015/04/20/192826/>

32. Хомяков В. І., Коробченко Н. М. Менеджмент електронних відходів. закордонний досвід // Збірник наукових праць ЧДТУ. Серія економічні науки., 2009. № 24. С. 245–247.

33. Філатов Л.Г., Сидоренко С.В., Кононенко О.С. Поводження з електронними відходами в Україні: аналіз проблеми та шляхи вирішення. Вістник національного технічного університету «ХПІ». Тем. вип. Нові рішення в сучасних технологіях. 2012. №34. С. 124–130. URL: [http://archive.nbu.gov.ua/portal/Natural/vcpi/NRvST/2012\\_34/index.htm](http://archive.nbu.gov.ua/portal/Natural/vcpi/NRvST/2012_34/index.htm).

34. Шулаева Ю. Е. Анализ динамики накопления электронных отходов в Украине // Управління розвитком соціально-економічних систем: глобалізація, підприємництво, стале економічне зростання : праці Дев'ятої міжнародної наукової конференції студентів та молодих учених, (9–11 грудня 2008р.) Донецький національний університет. – Донецьк : ДонНУ, 2008. С. 243–245.

35. 1. Шулаева Ю. Е., Александров И. А. Динамика накопления «электронных отходов» в Донецкой области // Збірник наукових праць «Економіка: проблеми теорії та практики», Дніпро: видавництво ДНУ. 2008. С. 28–38.

36. Шулаева Ю. Е. Отражение авансовых платежей за рециклирование электронных отходов в цене товара // Торговля і ринок України. Збірник наукових праць. 2009. № 27. С. 501–507.

37. Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment of 27 January 2003 / European Parliament and council // Official Journal of the European Union. – 2003. – P. 24–38.

38. Ghodrati M., Rhamdhani M. A., Brooks G., Masood S., Corder G. Techno economic analysis of electronic waste processing through black copper smelting route // Journal of Cleaner Production. – 2016. – №126. – С. 178–190.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подел.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510081	Арк
						65

39. Cucchiella F., D'Adamo I., Lenny Koh S. C., Rosa P. A profitability assessment of European recycling processes treating printed circuit boards from waste electrical and electronic equipments // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – №64. – С. 749–760.

40. D'Adamo I., Rosa P., Terzi S. Challenges in waste electrical and electronic equipment management: A profitability assessment in three European countries // Sustainability. – 2016. – №7. – С. 633.

41. Green Chemistry vs Toxic Technology. The Problem With Electronics [Electronic resource] / Electronics TakeBack Coalition. – Mode of access: <http://www.electronicstakeback.com/toxics-inelectronics/> Martin Ruhrberg. Assessing the recycling efficiency of copper from end-of-life products in Western Europe // Resources, Conservation and Recycling. 2006, №2. С.141-165.

42. Thomas G Goonan. Copper Recycling in the United States in 2004. U.S. Geological Survey / 2004. – URL: <https://pubs.usgs.gov/circ/circ1196x/> (дата обращения: 20.03.2019).

43. Baldé C. P., Forti V., Gray V., Kuehr R., Stegmann P. The Global Ewaste Monitor. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). Bonn, Geneva, Vienna. – 2017. – С. 116

44. Sundqvist R. Expansion of e-scrap capacity at Rönnskär. – 2010. – URL:<https://www.boliden.com/globalassets/investor-relations/reports-andpresentations/capital-markets-day/2010/cmd/5-electronic-scrap-rogersundqvistgeneral-manager-boliden-ronnskar.pdf> (дата обращения 15.11.2019) 116

45. UN and World Business Council for Sustainable Development // New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot. – 2019. – URL: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf) (дата обращения 20.03.2019).

46. Salhofer S., Steuer B., Ramusch R., Beigl P. WEEE management in Europe and China – A comparison // Waste Management. – 2016. – №57. – С. 27– 35.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подел.	