

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
**Кафедра екології та природозахисних технологій**

«До захисту допущено»

Завідувач фебри

\_\_\_\_\_ Леонід ПЛЯЦУК  
(підпис)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня магістр**

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища» на тему:

**ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ**

Здобувачки групи ТС.м-31/2 Штанько Марії Олексіївни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Марія ШТАНЬКО  
(підпис)

Керівник – доцент кафедри екології  
та природозахисних технологій,  
кандидат технічних наук,  
доцент

\_\_\_\_\_ Ігор РОЙ  
(підпис)

**Суми – 2024**

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**  
**Штанько Марії Олексіївни**

1. Тема проекту (роботи) Технології утилізації використаних елементів живлення затверджена наказом по університету від “14” жовтня 2024 р. № 0865-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 14 грудня 2024 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база щодо технологій утилізації використаних елементів живлення; виокремлення та обґрунтування технологій утилізації використаних елементів живлення.
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) розгляд впливу на довкілля використаних елементів живлення; вивчення стану поводження з використаними елементами живлення в Україні;

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Рисунки - Акумулятор 3.7 V літій-іонний (Li-Ion) 6000 mAh , Акумулятор 3.7V літій-іонний (Li-Ion) 6000 mAh, Звалище батарейок на Тросщині, Київська область, Стихійне звалище використаних елементів живлення, Сумщина, Пункти роздільного збирання побутових відходів (м. Ополє, Польща. Громада Граново), Пункти роздільного збирання побутових відходів (м. Бучовице, Чехія), «Екобус» (м. Хмельницький).

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною темою	Вересень 2024 р.	
2	Робота над розділом «поводження з використаними елементами живлення »	Вересень 2024 р.	
3	Утилізація використаних елементів живлення	Жовтень 2024 р.	
4	Робота над розділом «технології утилізації використаних елементів живлення»	Листопад 2024 р.	
5	Аналіз існуючих технологій щодо утилізації використаних елементів живлення	Листопад 2024 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	Листопад 2024 р.	
7	Робота над висновками	Грудень 2024 р.	
8	Оформлення роботи	Грудень 2024 р.	

5. Дата видачі завдання – 14.10.2024 року.

Студент \_\_\_\_\_

М. О. Штанько

Керівник проекту \_\_\_\_\_

І. О. Рой

## АНОТАЦІЯ

### *Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра*

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 60 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 73 с., у тому числі 8 рисунків, список використаних джерел на 6 сторінках.

*Мета дослідження* – теоретично обґрунтувати та дослідити технології утилізації використаних елементів живлення.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести літературний огляд за досліджуваною тематикою; провести критичний аналіз способів та технологій утилізації використаних елементів живлення.

*Об'єкт дослідження* – використані елементи живлення.

*Предмет дослідження* – процеси та технології утилізації використаних елементів живлення.

*Методи дослідження*: аналіз наукової літератури; порівняльний аналіз; моделювання.

*Ключові слова*: ВИКОРИСТАНІ ЕЛЕМЕНТИ ЖИВЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЯ, ДОВКІЛЛЯ, УТИЛІЗАЦІЯ, ПРОМЕТАЛУРГІЯ, АКУМУЛЯТОР, ОХОРОНА ПРАЦІ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Утворення та характеристики використаних елементів живлення.....	8
1.2. Вплив на довкілля використаних елементів живлення.....	13
1.3. Стан поводження з використаними елементами живлення в Україні .....	17
РОЗДІЛ 2. ПОВОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ .....	22
2.1. Попередження утворення відходів елементів живлення .....	22
2.2. Організація збирання використаних елементів живлення.....	29
2.3. Підготування використаних елементів живлення до повторного використання .....	35
2.4. Утилізація використаних елементів живлення .....	43
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ .....	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
4.1. Техніка безпеки під час поводження з використаними елементами Живлення.....	62
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах з утилізації використаних елементів живлення.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68

Підп. і дата						<i>ТС23510341</i>			
Інв.№ДУБЛ.									
Взаєм.інв.									
Підп. і дата									
Інв.№ГОДЛ.	Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.	<i>Технології утилізації використаних елементів живлення</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Розроб.	Штанько						5	73
	Перев.	Рой							
	Н.Контр	Батальцев						СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС.м-31/2	
	Затв.	Пляцук							

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Зростання обсягу використання акумуляторів і батарейок, особливо в контексті збільшення популярності електронних пристроїв, електромобілів та альтернативних джерел енергії, призводить до збільшення відходів, що потребують належної утилізації. Неправильне поводження з такими відходами може призвести до забруднення ґрунтів і вод, а також негативно вплинути на здоров'я людини. Сфера утилізації використаних елементів живлення є активним полем для наукових досліджень. Розробка нових методів переробки, таких як біологічні, механічні та хімічні технології, вимагає комплексного підходу, включаючи міждисциплінарні дослідження в галузі хімії, екології, інженерії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі дослідження присвячені численні наукові доробки О. Мудрак, Г. Виговської, А. Тимохіної, С. Тютко, В. Фалько, С. Зубик, В. Жук, О. Шуміло, Я. Олійник, П. Шищенко, О. Гавриленко, І. Тесленко, О. Портухай та ін.

Отже, актуальність проблеми та потреба в її подальшому вивченні зумовили вибір теми магістерської роботи: *«Технології утилізації використаних елементів живлення»*.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати та дослідити технології утилізації використаних елементів живлення.

Відповідно до мети виділені такі завдання дослідження:

1. Розкрити утворення та характеристики використаних елементів живлення.
2. Розглянути вплив на довкілля використаних елементів живлення.
3. Вивчити стан поводження з використаними елементами живлення в Україні.
4. Виокремити та обґрунтувати технології утилізації використаних елементів живлення.

Інв.№ТОДЛ.	Підп. і дата	Взаєм.інв.	Інв.№ДУБЛ.	Підп. і дата	ТС 23510341				Арк
					Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат



# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Утворення та характеристики використаних елементів живлення

Елементи живлення стали невід'ємною частиною сучасного життя, забезпечуючи енергією широкий спектр пристроїв – від мобільних телефонів до електричних автомобілів. Утворення цих елементів пов'язане з використанням різних матеріалів та технологій, які, у свою чергу, впливають на їх характеристики, такі як ємність, тривалість служби та безпечність використання. Розуміння цих характеристик є важливим не лише для споживачів, але й для виробників, які прагнуть створювати більш ефективні та екологічні рішення. Водночас, зростаюча популярність електронних пристроїв і, відповідно, потреба в елементах живлення ставлять перед людством нові виклики у сфері захисту навколишнього середовища. Виробництво, використання та утилізація використаних елементів живлення можуть призводити до забруднення, викидів небезпечних речовин і виснаження природних ресурсів. Технології захисту навколишнього середовища, орієнтовані на зменшення негативного впливу елементів живлення, стають дедалі актуальнішими в умовах глобальних екологічних проблем [52].

Перші експерименти з електрикою почалися в XVIII ст. Італійський вчений А. Вольта у 1800 р. винайшов першу хімічну батарею – «вольтовий стовп». Вона складалася з чергування мідних і цинкових дисків, просочених електролітом. Цей пристрій став основою для розуміння електрохімічних реакцій та відкрив нові горизонти в науці [41]. У XIX ст. відбувся бурхливий розвиток технологій елементів живлення. У 1836 р. англійський хімік Д. Фаредея розробив першу сучасну батарею – свинцеву кислотну батарею, яка стала основою для автомобільних акумуляторів. Ця технологія дозволила створити портативні джерела енергії, які згодом були використані для запуску автомобілів та інших

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ	<i>ТС 23510341</i>	Арк 8
-----	-----	----------	-------	-----	--------------------	----------



механізмів. Одночасно з цим, у 1866 р., французький інженер Г. Ферре винайшов першу суху батарею, яка стала популярною завдяки своїй зручності та тривалому терміну служби. Ця батарея стала основою для подальшого розвитку портативних джерел живлення.

У ХХ ст. вдосконалення технологій продовжувалося, зокрема завдяки відкриттю нових матеріалів. У 1950-х рр. були розроблені нікель-кадмієві (NiCd) батареї, які стали популярними завдяки своїй здатності до багаторазового заряджання. Це дозволило створити перші акумулятори для портативних електронних пристроїв. Згодом, у 1991 р., компанія Sony представила літій-іонні батареї, які стали справжнім проривом у галузі елементів живлення. Вони були легшими, мали вищу енергетичну щільність і не мали «ефекту пам'яті», характерного для NiCd батарей. Літій-іонні батареї швидко завоювали популярність у мобільних телефонах, ноутбуках та електромобілях [29].

Сьогодні людство спостерігає нову хвилю інновацій у галузі елементів живлення. Розробка твердотільних батарей, які обіцяють ще більшу енергетичну щільність та безпеку, є одним з найактуальніших напрямків досліджень. Окрім того, нові технології, такі як батареї на основі натрію та графену, можуть змінити правила гри у виробництві елементів живлення. Важливим аспектом сучасного розвитку є також екологічність. Зростаюча потреба у відновлюваних джерелах енергії спонукає вчених до пошуку більш сталих рішень, таких як біоелектрохімічні батареї.

Елементи живлення можна класифікувати за кількома критеріями, такими як тип хімічного складу, спосіб заряджання та призначення. Літій-іонні батареї – це один з найпоширеніших типів акумуляторів у сучасних пристроях. Вони відрізняються високою енергетичною щільністю та тривалим терміном служби. Однак видобуток літію може негативно впливати на навколишнє середовище [14].

Нікель-металлогідридні (NiMH) використовуються в електронних пристроях та гібридних автомобілях. Вони менш шкідливі для навколишнього

ІНВ. № ДОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ. ІНВ.	ІНВ. № ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------

середовища, ніж свинцево-кислотні акумулятори, але все ж потребують відповідної утилізації [11]. Свинцево-кислотні акумулятори досить часто використовуються в автомобілях. Вони мають низьку вартість, але можуть бути небезпечними через свинець і кислоту, які при неправильній утилізації можуть забруднити навколишнє середовище.

Одноразові батареї не підлягають перезарядці і часто використовуються в побутових пристроях, таких як пульти дистанційного управління. Їх утилізація може викликати екологічні проблеми. Перезаряджувані акумулятори можуть бути використані багаторазово, що зменшує кількість відходів. Проте їхнє виробництво також має екологічні наслідки [16].

Акумулятори складаються з кількох основних компонентів: анода, катода, електроліту та сепаратора. Анод і катод – це електроди, які беруть участь у хімічних реакціях під час заряджання та розряджання акумулятора. Електроліт – це середовище, що проводить іони між анодом і катодом, а сепаратор заважає короткому замиканню між електродами [33]. Свинцево-кислотні акумулятори є одним з найстаріших і найпоширеніших типів акумуляторів. Вони складаються з свинцевих анодів і свинцевих оксидних катодів, занурених в електроліт на основі сульфатної кислоти. Принцип роботи базується на хімічних реакціях, які відбуваються під час заряджання та розряджання. Під час розряджання: свинець (Pb) окислюється до свинцевого сульфату (PbSO<sub>4</sub>), а свинцевий оксид (PbO<sub>2</sub>) відновлюється. Під час заряджання: відбувається зворотний процес. Свинцево-кислотні акумулятори мають високу потужність та відносно низьку вартість, що робить їх популярними для автомобілів та резервних джерел живлення.

Літій-іонні акумулятори є сучаснішими і мають вищу енергетичну щільність, що робить їх ідеальними для мобільних пристроїв. Вони складаються з літєвих сполук, які використовуються як аноди (зазвичай графіт) і різних катодних матеріалів (наприклад, літій-кобальт-оксид). Під час розряджання літій-іони переміщуються з анода до катода, при цьому енергія вивільняється. Під час заряджання літій-іони повертаються назад до анода. Літій-іонні акумулятори

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

мають високу енергетичну щільність, низький рівень саморозряду і довгий термін служби, що робить їх популярними в електроніці та електромобілях [48].



Рисунок 1.1 – Акумулятор 3.7V літій-іонний (Li-Ion) 6000 mAh [14]

Нікель-метал-гідридні акумулятори (NiMH) використовують нікель як катод і металогідрид (зазвичай, сплав на основі нікелю) як анод. Ці акумулятори відрізняються високою ємністю та стійкістю до перегрівання. Принцип роботи подібний до літій-іонних, але з деякими відмінностями у складі електроліту та реакцій. NiMH акумулятори часто використовуються в гібридних автомобілях та бездротових пристроях [29].



Рисунок 1.2 – Нікель-метал-гідридні акумулятори [52]

Отже, кожен тип акумулятора має свої переваги та недоліки. Свинцево-кислотні акумулятори є надійними та дешевими, але мають обмежену

ІНВ.НяТОДЛ.	Підп. і ДСТА	Взаєм.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТА
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ

ТС 23510341

Арк

11

енергетичну щільність. Літій-іонні акумулятори, навпаки, забезпечують високу енергетичну щільність, але їхня вартість є вищою. Нікель-метал-гідридні акумулятори пропонують хороший компроміс між вартістю та продуктивністю, що робить їх популярними в певних сегментах ринку.

Використані акумулятори, зокрема літій-іонні, свинцево-кислотні та нікель-металгідридні, мають певні характеристики, які важливі для їх подальшої утилізації. Так, використані акумулятори можуть перебувати в різних станах заряду, який впливає на їх здатність до повторного використання. Акумулятори, які зберегли певний рівень заряду, можуть бути відремонтовані та повторно введені в експлуатацію, тоді як повністю розряджені можуть вимагати більш складної переробки [14]. З часом і числом циклів зарядки/розрядки акумулятори втрачають свою ємність. Наприклад, літій-іонні акумулятори зазвичай втрачають близько 20% ємності після 500 циклів зарядки. Цей знос визначає можливість повторного використання акумулятора в нових застосуваннях.

Хімічний склад акумуляторів відіграє ключову роль у їх утилізації. Наприклад, свинцево-кислотні акумулятори містять свинець, який є токсичним для навколишнього середовища. Нікель-метал-гідридні акумулятори, хоч і менш небезпечні, також потребують обережної утилізації через наявність нікелю, що може негативно вплинути на екосистему [11]. Неправильна утилізація використаних акумуляторів може призвести до серйозних екологічних проблем. Викидання акумуляторів на звалища може призвести до забруднення ґрунту та води важкими металами, такими як свинець і кадмій. Згідно з дослідженнями, близько 80% свинцю, що потрапляє в довкілля, походить саме з використаних акумуляторів.

Таким чином, характеристики використаних акумуляторів, такі як стан заряду, знос та хімічний склад, мають величезний вплив на їх можливість повторного використання та переробки.

ІНВ. №ТОДЛ. Підп. і ДСТА. ВЗСЄМ.ІНВ. ІНВ. №ДУБЛ. Підп. і ДСТА.

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

## 1.2. Вплив на довкілля використаних елементів живлення

Сучасний світ неможливо уявити без елементів живлення, які використовують акумулятори та батарейки. Від мобільних телефонів до електричних автомобілів – ці джерела енергії стали невід'ємною частиною людського життя. Проте, разом з їх зручністю та функціональністю виникає серйозна екологічна проблема – забруднення довкілля внаслідок неправильного використання і утилізації використаних елементів живлення [27]. Акумулятори та батарейки містять різноманітні хімічні елементи, які можуть бути небезпечними для довкілля. Наприклад, свинець, кадмій, ртуть, літій, нікель і цинк є часто зустрічаються компонентами. Вивільнення цих речовин в навколишнє середовище може призвести до серйозних екологічних наслідків.

Свинець відомий своєю токсичністю. Він може накопичуватись у живих організмах, викликаючи неврологічні порушення, особливо у дітей. У випадку потрапляння свинцю в ґрунт або воду, він може завдати непоправної шкоди екосистемам. Кадмій також є надзвичайно токсичним і може викликати захворювання нирок та остеопороз. Вивільнення кадмію в навколишнє середовище відбувається через розкладання батарейок на смітниках, що призводить до забруднення ґрунту і води [48].

Використання ртуті в деяких типах батарейок може стати причиною серйозних забруднень. Ртуть є нейротоксичною і може впливати на нервову систему живих організмів. Неправильна утилізація відпрацьованих акумуляторів і батарейок, зокрема скидання їх на звалища, є основною причиною забруднення довкілля. При потраплянні батарейок у ґрунт чи водойми, небезпечні речовини починають потрапляти в екосистему, що може призводити до:

- *забруднення водойм.* Хімічні елементи, що містяться в батарейках, можуть змиватися до підземних вод або річок, що загрожує здоров'ю людей і тварин;
- *зменшення біорізноманіття.* Токсичні речовини можуть впливати на флору і фауну, знижуючи чисельність видів і порушуючи екологічні баланси;

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

13

- зміна складу ґрунту. Наявність токсичних металів у ґрунті призводить до його забруднення і може погіршити умови для росту рослин [3].



Рисунок 1.3 – Звалище батарейок на Троєщині, Київська область [58]

У світі існує безліч прикладів негативного впливу використаних елементів живлення на довкілля. Наприклад, у Китаї, де велика кількість акумуляторів утилізується неправильно, були зафіксовані випадки забруднення води, яке призвело до знищення рибних запасів у ріках. В Україні проблема утилізації батарейок також є актуальною. Багато людей не знають, як правильно позбутися використаних елементів живлення, через що вони потрапляють на смітники, де небезпечні речовини потрапляють у навколишнє середовище.

Зазначимо, що використані елементи живлення містять небезпечні метали, такі як свинець, ртуть, кадмій та літій. При потраплянні цих речовин у ґрунт, вони можуть викликати серйозні проблеми. Наприклад, свинець, який часто зустрічається в старих акумуляторах, може накопичуватися в організмах рослин і тварин, що призводить до токсичності. Дослідження показали, що свинець негативно впливає на нервову систему, репродуктивну функцію та інші важливі аспекти здоров'я [33]. Кадмій здатний порушувати фотосинтез у рослин і

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА
ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
ПІДП. І ДАТА	ПІДП. І ДАТА

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

14

накопичуватись у харчових ланцюгах, що підвищує ризик для людського здоров'я. Дослідження виявили, що навіть невеликі концентрації кадмію можуть призвести до значних змін у біологічному різноманітті ґрунтових мікроорганізмів.

Викиди небезпечних металів із використаних акумуляторів і батарейок не обмежуються лише ґрунтом, але й потрапляють у водні ресурси. Коли ці відходи потрапляють у водойми, вони можуть викликати забруднення води, що загрожує водним організмам та екосистемам. Наприклад, ртуть, яка часто міститься в батарейках, є надзвичайно токсичною для водних живих істот. Вона здатна накопичуватись у тканинах риб, що призводить до отруєння не лише риб, а й тварин і людей, які їх споживають [5].

Тепер більш детально розглянемо наслідки викидів небезпечних речовин від акумуляторів та батарейок, їхній вплив на екосистему України та необхідність ефективних рішень для розв'язання цієї проблеми. Використані елементи живлення, як вже зазначалося, містять різноманітні небезпечні речовини, такі як свинець, кадмій, ртуть, літій та інші токсичні метали. Ці елементи можуть вивільнятися в довкілля під час неконтрольованого скидання, нагрівання або розкладання, що призводить до забруднення ґрунту, води та повітря.

В Україні, за даними Державної служби статистики, щорічно утворюється близько 20 тисяч тонн відходів від акумуляторів та батарейок. Багато з цих відходів потрапляє на звалища або скидається у ріки, що спричиняє серйозні екологічні проблеми. Наприклад, у 2021 р. було зафіксовано випадки забруднення річки Дніпро внаслідок скидання бракованих акумуляторів, які містили небезпечні метали. Це призвело до загибелі риб і порушення екосистеми річки. Також варто зазначити, що в Україні відсутня ефективна система збору та утилізації відходів від акумуляторів та батарейок. Більшість населення не знає, куди позбутися використаних батарейок, що призводить до їх скидання у звичайні смітники. Це створює додаткові ризики для довкілля, оскільки багато з цих

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ	ТС 23510341	Арк 15
-----	-----	----------	-------	-----	-------------	-----------

відходів потрапляють на звалища, де відбувається їхній розклад і вивільнення небезпечних речовин [52].

Вирішення проблеми викидів небезпечних речовин від використаних елементів живлення вимагає комплексного підходу. По-перше, Україні необхідно розробити та впровадити національну стратегію з утилізації цих відходів. Це може включати створення системи збору батарейок, інформаційні кампанії для населення, а також законодавчі ініціативи, які б регулювали процес утилізації. По-друге, важливо залучати підприємства до відповідальності за утилізацію своїх продуктів. Введення принципу «виробник відповідає за свої відходи» може стимулювати компанії до розробки більш екологічних технологій та матеріалів. Також необхідно проводити наукові дослідження для вивчення довгострокового впливу небезпечних відходів на довкілля і здоров'я людей. Це допоможе зрозуміти масштаби проблеми та знайти ефективні рішення для її розв'язання [48].

Перспективи подальших досліджень можуть бути пов'язані зі створенням ефективних технологій переробки, які здатні відновлювати компоненти акумуляторів без шкоди для довкілля; вивченням можливостей створення біорозкладних або менш токсичних акумуляторів, які зменшать негативний вплив на довкілля; розробкою систем для контролю та управління утилізацією акумуляторів, що дозволить зменшити їх потрапляння на сміттєзвалища; дослідженнями ефективності просвітницьких кампаній про правильну утилізацію батарейок та акумуляторів серед населення; проведення детальних екологічних оцінок різних типів акумуляторів, щоб зрозуміти, які з них є більш екологічно безпечними.

Як вже зазначалося, у багатьох країнах, зокрема в Європі, вже реалізуються проекти з переробки акумуляторів, які дозволяють відновлювати до 90% матеріалів, використаних у виробництві. Нові наукові дослідження, можуть бути спрямовані на створення натрієвих або літій-сірчаних акумуляторів, які потенційно можуть мати менший екологічний вплив у порівнянні з традиційними літій-іонними.

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

16



Таким чином, викиди небезпечних речовин від використаних елементів живлення становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людей в Україні. Важливо вжити заходів щодо розв'язання цієї проблеми, зокрема, шляхом впровадження ефективної системи збору та утилізації, залучення підприємств до відповідальності та проведення наукових досліджень. Лише спільними зусиллями держави, бізнесу та суспільства можна досягти сталого розвитку та зберегти екологічну безпеку в Україні.

### 1.3. Стан поводження з використаними елементами живлення в Україні

Регулювання питань, пов'язаних з використаними елементами живлення, здійснюється відповідно до загальних принципів національного законодавства у сфері управління відходами, зокрема Закону України «Про відходи» [19]. Відповідно до цього закону, основні напрями державної політики в галузі відходів, включаючи використані елементи живлення, охоплюють:

- забезпечення повного збирання та своєчасного знешкодження і видалення відходів, а також дотримання екологічних стандартів під час їх обробки;
- мінімізація утворення відходів і зменшення їх небезпечності;
- сприяння максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого повторного використання або альтернативного використання ресурсів, що містяться в них;
- забезпечення безпечного видалення відходів, які не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій та екологічно безпечних методів і засобів для їх обробки;
- організація контролю за місцями чи об'єктами, де розміщуються відходи, з метою запобігання їх шкідливому впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини;

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ	ТС 23510341	Арк
						17

- проведення науково-технічних і маркетингових досліджень для виявлення ресурсної цінності відходів з метою їх ефективного використання;
- обов'язковий облік відходів на основі їх класифікації та паспортизації;
- створення умов для реалізації роздільного збору побутових відходів через запровадження соціально-економічних механізмів, які стимулюють утворювачів відходів до їх роздільного збору та інші ініціативи [41].

Спеціальним регуляторним документом, що регулює поведження з використаними елементами живлення, є наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 22 січня 2013 р. № 15, який затверджує Методичні рекомендації щодо збору відходів електричного та електронного обладнання, що є частиною побутових відходів [54]. В Україні функціонує реєстр виданих ліцензій на здійснення господарської діяльності у сфері поводження з небезпечними відходами. Цей процес охоплює такі операції, як збирання, зберігання, транспортування, утилізація та видалення небезпечних відходів.

Ліцензії на провадження діяльності з поводження з небезпечними відходами були видані в багатьох містах України, серед яких: Житомир (3), Шостка (2), Черкаси (5), Чернігів (1), Полтава (1), Суми (1), Одеса (3), Харків (5), Запоріжжя (5), Львів (2), Вінниця (2), Донецьк (4), Дніпропетровськ (3), Рівне (1), Тернопіль (1). Найбільша кількість ліцензій видана у місті Київ – 14 по місту та 6 по Київській області.

Зазначимо, що серед ліцензіатів, які займаються утилізацією та/або видаленням відходів електричного та електронного обладнання, можна виділити: ТОВ «РЕКУЛЬТИВАЦІЯ», ТОВ «ВІНОСТР», ПП БРОВАРИ-ВТОРМА, ТОВ «Житомиркомунсервіс» та ТОВ «ОЛЕСТАС ЕКО».

Система управління використаними елементами живлення в Україні має ряд характерних тенденцій, серед яких :

- накопичення відходів, які негативно впливають на навколишнє середовище та здоров'я населення в промисловому та побутовому секторах;

Підп. і дата
Інв. №ДУБЛ.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. №ТОДЛ.

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

18

- неналежне поводження з небезпечними відходами, які потребують особливої уваги;
- утилізація побутових відходів без урахування їх шкідливих наслідків;
- неправильне використання відходів як вторинної сировини [56].

Власне подолання цих проблем є важливим кроком до забезпечення енергетичної та ресурсної незалежності країни, а також до економії природних ресурсів та енергії. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 р. окреслює ключові напрямки державного регулювання в цій сфері на найближчі десятиліття, враховуючи європейські підходи до управління відходами відповідно до таких директив:

- Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року про управління відходами;
- Скасування Рамкової Директиви 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та деякі інші директиви;
- Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 року про управління відходами в видобувних галузях та зміни до Директиви 2004/35/ЄС;
- Директива 2012/19/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 4 липня 2012 року про відходи електричного та електронного обладнання (WEEE);
- Директива 94/62/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 20 грудня 1994 року про упаковку та відходи упаковки;
- Директива 2006/66/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 6 вересня 2006 р. про батарейки та акумулятори, а також відпрацьовані батарейки та акумулятори.

На даний момент Україна перебуває на другому етапі реалізації Національної стратегії управління відходами. Перший етап було завершено у 2017-2018 рр., другий етап триває з 2019 по 2023 рр., а третій етап запланований на 2024-2030 рр. Реалізація цієї стратегії має на меті досягнення того, що до 2023 р. принаймні 15% побутових відходів буде перероблено завдяки функціонуванню

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

сміттесортувальних ліній та заводів з переробки відходів. Окрім цього, планується збільшити частку населення, яке займається роздільним збором сміття, до щонайменше 23%. До 2030 р. ці показники повинні зрости до 50% та 48% відповідно.

Станом на сьогодні в Україні практично відсутня мережа для приймання та утилізації використаних елементів живлення від населення. Відсутні чіткі визначення обов'язків та відповідальних осіб, які б займалися створенням і функціонуванням пунктів збору та їх утилізації. Через нестачу налагодженого механізму збору електронних відходів більшість людей, усвідомлюючи ризики, просто викидають старі батареї у звичайні сміттеві баки, що призводить до їх потрапляння на сміттєзвалища. Водночас спостерігається й інша негативна тенденція: зловмисники, які займаються видобутком кольорових і чорних металів, збирають побутову техніку у населення, витягують корисні компоненти, часто не дотримуючись екологічних норм, а залишки відправляють на звалища, незважаючи на наявність небезпечних частин.



Рисунок 1.4 – Стихийне звалище використаних елементів живлення, Сумщина [39]

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ

ТС 23510341

У більшості сіл і містечок Сумської області немає централізованого збору та вивозу сміття на полігони. Тому акумулятори та використані батарейки просто викидаються на околицях, що призводить до забруднення навколишнього середовища.

Національна стратегія управління використаними елементами живлення в Україні до 2030 р. у сфері поводження з відходами електронного та електричного обладнання передбачає:

- систематизацію нормативно-правового регулювання у сфері управління ВЕЕО;
- організацію пунктів збору використаних елементів живлення;
- створення центрів для збору використаних елементів живлення з метою їх ремонту і подальшого повторного використання, особливо для відходів електричного та електронного обладнання.

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ	<i>ТС 23510341</i>	Арк
						21

## РОЗДІЛ 2

### ПОВОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЖИВЛЕННЯ

#### 2.1. Попередження утворення відходів елементів живлення

В умовах сучасного світу, де технології стрімко розвиваються, а споживання електроніки зростає, проблема утворення відходів акумуляторів і батарей стає все більш актуальною. Акумулятори та батареї є невід'ємною частиною нашого повсякденного життя: вони живлять мобільні телефони, ноутбуки, електромобілі та безліч інших пристроїв. Проте, з ростом їх використання постає серйозна екологічна проблема, пов'язана з їх утилізацією та впливом на навколишнє середовище. Відходи акумуляторів та батарей містять небезпечні речовини, які можуть забруднювати ґрунт, воду та повітря, завдаючи шкоди здоров'ю людей та екосистемам. Тому важливо не лише забезпечити належну утилізацію, але й зосередитися на запобіганні утворення відходів. Це можна досягти через впровадження ефективних технологій, розробку екологічно чистих альтернатив, а також підвищення обізнаності населення про важливість відповідального споживання та утилізації [33]. У даному контексті важливим є дослідження шляхів попередження утворення елементів живлення, а також аналіз існуючих практик та ініціатив, які сприяють зменшенню їх негативного впливу на довкілля.

Підписуючи документ «Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами», Україна зобов'язалася впровадити положення Рамкової Директиви № 2008/98/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року «Про відходи та скасування деяких директив» у своє національне законодавство протягом трьох-п'яти років з моменту набуття чинності Угоди [37].

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат	<i>ТС 23510341</i>	Арк 22
-----	-----	----------	-------	-----	--------------------	-----------

Власне серед зобов'язань передбачено створення механізму повного покриття витрат відповідно до принципу «забруднювач платить» та принципу розширеної відповідальності виробника. Розширена відповідальність виробника була вперше впроваджена в Європі понад 20 років тому, і цей підхід став найбільш економічно вигідним для суспільства способом управління відходами. Згідно з цим принципом, виробник відповідає за продукцію протягом усього її життєвого циклу, включаючи стадії обігу, переробки та утилізації. Виробники та імпортери можуть виконувати свої зобов'язання двома способами: організувати пункти прийому самостійно або передати свої зобов'язання щодо досягнення нормативів переробки та утилізації уповноваженим організаціям, що займаються розширеною відповідальністю [10].

Уповноважена організація, фінансуючи діяльність виробників, забезпечує виконання таких завдань, як роздільний збір твердих побутових відходів, їх вивезення, сортування та подальша переробка чи утилізація. Цю модель впроваджують вже більше 20 європейських країн. Щорічно проблема накопичення, знешкодження та утилізації непотрібної електроніки стає дедалі актуальнішою у світі, зокрема й в Україні. Тож останнім часом набуває популярності концепція Zero Waste (нуль відходів).

Основні принципи цього руху включають:

— Refuse (відмовся). Головна ідея полягає в уникненні зайвих покупок і відмові від товарів, які шкодять навколишньому середовищу;

— Reduce (скороти). Цей пункт акцентує увагу на зменшенні споживання. Перед покупкою варто запитати себе: «Чи дійсно мені потрібен цей товар?» Не варто піддаватися впливу рекламних акцій і скуповувати те, що насправді не знадобиться;

— Reuse (використовуй повторно). Речам можна дати нове життя. Не слід відразу викидати електроприлади, які вийшли з ладу. Зараз існує багато компаній та організацій, що пропонують послуги ремонту;

ІНВ.НЕТОВАЛ. ПІДП. І ДАТА  
 ВЗАСМ.ІНВ. ІНВ.№ДУБЛ.  
 ПІДП. І ДАТА

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк  
 23

Rethink (переосмисли ще раз). Цей принцип полягає в усвідомленні того, що наші дії повинні базуватися на свідомому споживанні;

— Recycle (переробляй). Цей принцип закликає до збору різних відходів та їх здачі на переробку [57].

Світові бренди все більше демонструють свою проєкологічну позицію, відмовляючись від небезпечних металів і сполук. Це також стосується сфери технологій. Нові розробки все частіше враховують екологічний стан планети, що дало поштовх для виникнення терміна zero waste tech. Наприклад, стартап Our Next Energy створив батарею, яка не містить нікелю та кобальту: вона є екологічною як у виробництві, так і в утилізації, а також дешевшою за попередні моделі. Встановлення цієї батареї на автомобілях Tesla планувалося на 2023 р.

Сінгапур, як одна із найбільш розвинутих і технологічно прогресивних країн світу, стикається з численними викликами у сфері управління відходами. Одним із найактуальніших питань є утворення відходів акумуляторів і батарей, які становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я населення. Сінгапур досить активно впроваджує законодавчі ініціативи для зменшення утворення відходів акумуляторів. Однією з основних програм є Національна стратегія управління відходами, яка включає в себе план дій для зменшення обсягу відходів на душу населення на 30% до 2030 року. В рамках цієї стратегії, уряд запроваджує жорсткі норми стосовно виробництва і використання акумуляторів [49]. Зокрема, законодавство передбачає, що виробники акумуляторів та батарей зобов'язані відповідати стандартам екологічної безпеки та брати участь у програмах збору та переробки відходів. Це стимулює компанії до розробки більш екологічних продуктів і технологій, які зменшують кількість відходів.

Власне ще одним важливим аспектом є підвищення обізнаності населення щодо проблеми утворення відходів акумуляторів. Сінгапур проводить численні інформаційні кампанії, спрямовані на освіту громадян про важливість правильного утилізації батарей і акумуляторів. Наприклад, програма «Синій

ІНВ.НЕТОДЛ. ПІДП. І ДСТЛ. ВЗСЄМ.ІНВ. ІНВ.НОДУБЛ. ПІДП. І ДСТЛ.

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк  
24



ящик» заохочує населення збирати використані акумулятори у спеціальних контейнерах, що розміщуються в різних частинах міста [58]. Уряд Сінгапуру співпрацює з навчальними закладами для впровадження екологічних програм у навчальні курси. Це дозволяє молодому поколінню усвідомлювати важливість збереження навколишнього середовища ще з раннього віку.

Сінгапур також інвестує в інноваційні технології для зменшення негативного впливу відходів акумуляторів. Одним із прикладів є впровадження технологій переробки, які дозволяють відновлювати цінні матеріали з використаних акумуляторів, такі як літій, кобальт та нікель. Компанії, які займаються переробкою батарей, отримують підтримку від уряду у вигляді грантів та податкових пільг, що стимулює розвиток цього сектора. Крім того, Сінгапур активно досліджує альтернативні технології зберігання енергії, такі як суперконденсатори та батареї на основі водню, які можуть зменшити залежність від традиційних акумуляторів [49]. Необхідно відзначити, що успіх у попередженні утворення відходів акумуляторів у Сінгапурі базується на тісній співпраці між урядом, промисловістю та неурядовими організаціями. Наприклад, ініціатива «Zero Waste Masterplan» передбачає залучення бізнесу до розробки та реалізації стратегії нульових відходів, що включає в себе зменшення використання акумуляторів і батарей.

Швеція також є однією з провідних країн у світі в галузі екологічної політики та управління відходами. Швеція має чітко визначену політику щодо управління відходами, яка базується на принципах «зменшення, повторного використання та переробки». В рамках цієї політики країна запровадила законодавство, яке регулює виробництво та утилізацію акумуляторів. Законодавство вимагає від виробників акумуляторів відповідальності за їх життєвий цикл, включаючи збір та утилізацію відходів [38].

Одним із важливих аспектів шведської політики є вимога до виробників акумуляторів інформувати споживачів про способи утилізації та повторного використання продуктів. Виробники повинні брати участь у фінансуванні

ІНВ.НЕГОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.НЕДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

програм збору та переробки акумуляторів, що заохочує їх до розробки більш екологічних продуктів. Швеція також активно займається просвітою населення щодо важливості правильного збору та утилізації акумуляторів. Уряд та неурядові організації проводять кампанії, що сприяють усвідомленню населення про екологічні наслідки неправильного поводження з акумуляторами. Наприклад, у рамках кампанії «Забери свою батарею» шведські організації закликають населення здавати використані акумулятори в спеціально відведені місця, такі як магазини електроніки та пункти збору відходів [12].

У Швеції також активно впроваджуються інноваційні технології, які сприяють зменшенню утворення відходів акумуляторів. Наприклад, компанія Northvolt, заснована у 2016 р., спеціалізується на виробництві літій-іонних акумуляторів з акцентом на екологічність. Її підприємства використовують відновлювальні джерела енергії та розробляють технології переробки старих акумуляторів, щоб зменшити потребу у новій сировині.

Одним із ключових аспектів американської політики у сфері управління відходами є законодавче регулювання. Законодавство, таке як Закон «Про контроль за небезпечними відходами» (RCRA), встановлює норми для безпечного управління небезпечними відходами, включаючи акумулятори. У 1996 р. був прийнятий Закон «Про безпечні акумулятори» (Battery Act), який забороняє викидання свинцевих акумуляторів у звичайні сміттєзвалища та передбачає їх повернення для переробки [37].

В США існує також безліч програм, спрямованих на повернення та переробку акумуляторів. Наприклад, компанії, що виробляють акумулятори, такі як Tesla та Panasonic, активно впроваджують програми збору старих акумуляторів. Це дозволяє не лише запобігти утворенню відходів, але й зменшити потребу у видобутку нової сировини. Важливим елементом стратегії запобігання утворенню відходів є підвищення обізнаності населення. Організації, такі як EPA (Агентство з охорони навколишнього середовища США), проводять кампанії з інформування громадськості про правильне використання та утилізацію

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

акумуляторів. Це включає в себе інформацію про те, як правильно утилізувати акумулятори, а також важливість їх переробки [14].

США також активно інвестують у дослідження і розвиток нових технологій для покращення процесів переробки акумуляторів. Наприклад, існують стартапи, які розробляють нові методи витягання літію та кобальту з відпрацьованих акумуляторів, що дозволяє значно зменшити екологічний слід. Такі технології не тільки знижують витрати на переробку, але й підвищують ефективність використання ресурсів. У США також спостерігається зростаюче партнерство між державою та приватним сектором у сфері управління відходами акумуляторів. Наприклад, програма «Rechargeable Battery Recycling Corporation» (RBRC) об'єднує виробників акумуляторів та ритейлерів для створення мережі збору відпрацьованих акумуляторів. Це партнерство сприяє створенню більш ефективної системи збору та переробки.

Польща, як частина Європейського Союзу, активно працює над зменшенням негативного впливу цієї категорії відходів на навколишнє середовище. Польща імплементувала ряд європейських директив, спрямованих на зменшення відходів акумуляторів. Зокрема, Директива ЄС 2006/66/ЄС про акумулятори та батареї передбачає обов'язкову рециклацію, обмеження використання небезпечних матеріалів та забезпечення відповідального збору відпрацьованих акумуляторів. Польське законодавство зобов'язує виробників акумуляторів брати участь у системах збору та переробки, що сприяє зменшенню кількості відходів, що потрапляють на звалища [41].

Польща також вважає важливим аспектом боротьби з відходами акумуляторів просвіту населення. У країні реалізуються численні програми, спрямовані на підвищення обізнаності громадян щодо екологічних питань. Наприклад, кампанії, організовані екологічними організаціями, спрямовані на навчання населення правильному поводженню з відпрацьованими акумуляторами і батареями. У рамках таких програм проводяться семінари, лекції та

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗГОЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТА
-----	-----	----------	-------	------

ТС 23510341

інформаційні кампанії, які пояснюють, чому важливо здавати батареї для переробки, а не викидати їх у загальні відходи [57].

Польща активно впроваджує новітні технології для переробки акумуляторів. Наприклад, у країні розвиваються підприємства, які використовують сучасні методи для вилучення цінних металів з відпрацьованих акумуляторів. Такі технології дозволяють не лише зменшити кількість відходів, але й знизити залежність від імпорту сировини. Одним із прикладів є компанія, яка спеціалізується на переробці літій-іонних акумуляторів, що використовуються в електромобілях. Вона успішно розробила технології, які дозволяють відновлювати до 95% матеріалів, що містяться в акумуляторах.

Отже, досвід Польщі у сфері попередження утворення відходів елементів живлення демонструє, що комплексний підхід, який включає законодавчі ініціативи, освітні програми та інноваційні технології, може суттєво знизити екологічний вплив цієї проблеми. Польща продовжує працювати над удосконаленням існуючих систем, що може слугувати прикладом для інших країн, які стикаються з подібними викликами.

Зауважимо, що останніми роками спостерігається тенденція значних інвестицій у розробку електронних продуктів, які використовують мінімальну кількість дорогоцінних металів. Щоб зменшити утворення відходів батарей і акумуляторів, можна застосувати такі заходи:

— *підвищення терміну служби акумуляторів.* Розробка нових технологій, які дозволяють збільшити термін служби акумуляторів, може суттєво зменшити кількість відходів. Наприклад, технології, що дозволяють заряджати акумулятори швидше і без ризику їх перегріву, можуть сприяти збільшенню їх ефективності [52];

— *рециклінг.* Вдосконалення процесів переробки акумуляторів є ще одним важливим кроком. В даний час лише близько 50% акумуляторів підлягає переробці. Використання нових технологій, які дозволяють відновлювати цінні метали з відходів, може знизити потребу у видобутку нових сировин. Наприклад,

ІНВ.НЕГОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

28

компанії, такі як Li-Cycle, вже реалізують ефективні процеси переробки літієвих батарей;

— *освіта та свідомість споживачів*. Підвищення свідомості населення про екологічні наслідки використання акумуляторів і батарей може сприяти зменшенню їх споживання та збільшенню кількості відходів, що підлягають переробці. Освітні кампанії можуть допомогти людям зрозуміти, як правильно утилізувати старі акумулятори і батареї;

— *законодавство і регуляції*. Багато країн вже мають закони, що регулюють утилізацію акумуляторів, проте їхнє виконання залишається проблемою. Посилення законодавства, яке б зобов'язувало виробників акумуляторів відповідати за їх утилізацію, може суттєво зменшити кількість відходів елементів живлення [28].

Таким чином, попередження утворення відходів елементів живлення є досить складним, але важливим завданням для суспільства. Від екологічних викликів, пов'язаних з їх утилізацією, до необхідності розробки нових технологій і підвищення свідомості споживачів – всі ці аспекти потребують уваги як фахівців так і простих громадян. Застосування ефективних рішень може не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, але й сприяти сталому розвитку і збереженню ресурсів для майбутніх поколінь.

## 2.2. Організація збирання використаних елементів живлення

В Україні, як і в багатьох інших країнах світу, проблема утилізації відходів елементів живлення стала надзвичайно актуальною. Збільшення використання портативних електронних пристроїв, таких як смартфони, ноутбуки, електронні книги та інші гаджети, призвело до зростання обсягу відпрацьованих акумуляторів і батарей, що, в свою чергу, створює серйозні екологічні виклики. Неправильна утилізація цих відходів може призвести до забруднення навколишнього середовища, негативно вплинути на здоров'я людей і призвести

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.НОДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
--------------	-------------	------------	-------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

до втрати цінних ресурсів. В Україні існує потреба в ефективній системі збору, переробки та утилізації відходів акумуляторів і батарей, яка відповідала б сучасним екологічним стандартам та вимогам. Впровадження таких систем не лише сприятиме зменшенню екологічного навантаження, але й допоможе зберегти природні ресурси, використовуючи вторинні сировини. У даному контексті важливо підвищити обізнаність населення про необхідність відповідальної утилізації відходів, а також забезпечити доступність інфраструктури для збору відпрацьованих елементів живлення [37].

Наприкінці жовтня 2019 р. до Верховної Ради України були подані два законопроекти (№№ 2350 та 2352), які мають на меті імплементацію європейського законодавства щодо управління відходами електричного та електронного обладнання, а також використаними батарейками та акумуляторами [52]. Основна мета цих законопроектів полягає у створенні системи роздільного збору відповідних відходів, що дозволить повторно використовувати матеріали і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Законопроект встановлює вимоги до пунктів збору електричного та електронного обладнання, відпрацьованих батарейок і акумуляторів. Головна мета цих вимог – запобігти потраплянню небезпечних речовин у докільця, зокрема у підземні води. Також передбачається кількість пунктів прийому на душу населення: для відпрацьованого електричного та електронного обладнання – один пункт на 25 000 осіб, а для батарейок та акумуляторів – один пункт на 2 000 осіб. Ця задача є вельми амбітною для України. Створення такої системи вимагатиме злагодженої роботи між учасниками ринку та місцевою владою, однак у законопроекті поки що не прописано чіткого механізму для досягнення цієї мети. Прикладом ефективно організації збору відходів елементів живлення можуть слугувати європейські країни. Наприклад, у Польщі питання утилізації побутових відходів регулюється вже давно. Тут заборонено викидати батарейки та великогабаритну побутову техніку у сміттєві контейнери. Всі ці предмети

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

потрібно здавати на спеціально визначені пункти, які зазвичай розташовані біля торгових центрів та магазинів побутової техніки.

Частиною системи збору муніципальних відходів у країнах Європи є пункти роздільного збору відходів. У різних країнах ці об'єкти можуть мати різні назви та внутрішню класифікацію за різними критеріями, проте їх основна функція залишається незмінною. Пункт роздільного збору відходів – це місце, куди мешканці можуть приносити свої роздільно зібрані відходи, такі як небезпечні, великогабаритні, шини, електронні відходи та інші [49]. Наприклад, згідно з законодавством Республіки Польща, громади зобов'язані створити принаймні один стаціонарний пункт роздільного збору побутових відходів, або в партнерстві з іншою громадою. Пункти роздільного збору побутових відходів повинні забезпечувати приймання таких категорій:

- побутових відходів;
- небезпечних відходів;
- прострочених медикаментів та хімікатів, які не є медичними відходами, що утворилися внаслідок використання лікарських засобів у вигляді ін'єкцій та контролю рівня речовин у крові, зокрема голок і шприців;
- відпрацьованих батарейок і акумуляторів;
- відходів електричного та електронного обладнання;
- меблів;
- іншого великогабаритного сміття;
- відходів текстилю та одягу;
- відходів будівництва та демонтажу;
- відпрацьованих шин [12].

Пункти для роздільного збору побутових відходів мають бути організовані таким чином, щоб забезпечити зручний доступ для всіх жителів громади.

Інв.№тОДЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	Інв.№дубл.	Підп. і дста
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дст

ТС 23510341

Арк

31



Рисунок 2.1 – Пункти роздільного збирання побутових відходів (м. Ополье, Польща. Громада Граново) [6]



Рисунок 2.2 – Пункти роздільного збирання побутових відходів (м. Бучовице, Чехія) [39]

Зазначимо, що у Чехії використовуються терміни «збірний пункт» і «збірний двір». Збірні пункти зазвичай мають більш простий адміністративний режим у порівнянні зі збірними дворами. Іноді між цими об'єктами немає чіткої різниці, і всі вони можуть називатися «збірні двори». У 2018 р. в Чехії було зареєстровано 720 дворів і 848 зборів пунктів. Процес створення нових дворів та пунктів збору відходів триває й досі.

ІНВ. № ДОДЛ. ПІДП. І ДСТА ВЗАЄМ. ІНВ. ІНВ. № ДОУБЛ. ПІДП. І ДСТА

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341



На вебсайтах польських муніципалітетів зазвичай можна знайти інформацію про правила роздільного збору побутових відходів. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 р. вимагає, щоб муніципалітети створювали спеціалізовані станції збору побутових відходів у містах з населенням понад 50 000 осіб. Ці станції повинні приймати такі види відходів:

- небезпечні відходи, що входять до складу побутових;
- великогабаритні відходи (наприклад, меблі та великі побутові предмети);
- вторинні сировини;
- відходи електричного та електронного обладнання, а також використані батарейки, акумулятори та батареї;
- біологічні відходи з садів і парків (наприклад, трава, листя, гілки);
- будівельні та ремонтні відходи [7].

Згідно з пунктом 11.2.4 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій», у населених пунктах необхідно передбачати місця для збору таких відходів, як папір, пластик, скло та упаковка; використані батарейки, акумулятори та акумулятори; електричне та електронне обладнання, а також шини [54]. Для цього слід створити станції збору відходів; відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019, станція площею 30 м<sup>2</sup> призначена для обслуговування 10 000 осіб.

Зауважимо, що Хмельницький має позитивний досвід у поводженні з небезпечними відходами завдяки програмі «Екобус». Це ініціатива, що реалізується щомісяця, коли «Екобус» здійснює збір небезпечних відходів у всіх районах міста за заздалегідь визначеним графіком. Серед відходів, які приймаються, є люмінесцентні лампи, батарейки та акумулятори, фарби, клеї, розчинники, використані фільтри, електричне та електронне обладнання, миючі засоби, побутова хімія та ліки. Збір цих відходів здійснюється безкоштовно для громадян. Зібрані небезпечні відходи передаються Хмельницьким комунальним підприємством «Спецкомунтранс» уповноваженим органам. Крім того, підприємство має угоду з Державною службою з надзвичайних ситуацій для зберігання ртутьвмісних відходів. У період з 2019 по 2022 рр. «Екобус» зібрав

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

понад 6 500 кг батарейок, 41 000 люмінесцентних ламп, 1 500 кг лікарських засобів та понад 2 500 ртутних термометрів, які завдяки цій ініціативі не потрапили на звалища або в екосистему.



Рисунок 2.3 – «Екобус» (м. Хмельницький) [49]

Таким чином, організація збирання використаних елементів живлення в Україні є невідкладним завданням, що вимагає зусиль як з боку держави, так й з боку бізнесу та суспільства. Лише через комплексний підхід, що включає законодавче врегулювання, освітні програми, створення пунктів збору та співпрацю з виробниками, можливо досягти значних результатів у збереженні навколишнього середовища та покращенні якості життя громадян. Ефективна система збору та утилізації використаних акумуляторів не лише зменшить екологічні ризики, але й сприятиме сталому розвитку країни.

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА
ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.
ПІДП. І ДАТА	

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

### 2.3. Підготування використаних елементів живлення до повторного використання

Зі зростанням використання електронних пристроїв та переходом на відновлювальні джерела енергії, питання повторного використання та переробки використаних елементів живлення стає все більш актуальним. Використання акумуляторів має свій життєвий цикл, який включає в себе виготовлення, експлуатацію, а також утилізацію. Проте не менш важливим є процес підготовки елементів живлення до повторного використання, що дозволяє подовжити їхній термін служби, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та знизити витрати на нові джерела енергії [54]. Підготовка акумуляторів і батарей до повторного використання включає в себе кілька етапів: оцінка їхнього стану, відновлення продуктивності, перевірка на безпечність та підготовка для повторного використання або переробки. Цей процес не лише сприяє раціональному використанню ресурсів, але й підтримує концепцію сталого розвитку, за якої екологічні, економічні та соціальні аспекти взаємопов'язані та взаємодоповнюють один одного. У даному параграфі розглянемо основні методи підготовки елементів живлення до повторного використання, їх переваги та виклики, а також значення цього процесу в контексті сучасних екологічних та економічних тенденцій.

Підготовка елементів живлення до повторного використання є другим етапом у процесі управління відходами. Згідно з Директивою ЄС про відходи, підготовка до повторного використання передбачає підготовку продуктів або їх компонентів, які стали відходами, для повторного використання без попередньої обробки під час утилізації, включаючи перевірку, очищення та відновлення. Для досягнення цієї мети держава може створювати мережі для повторного використання та ремонту, впроваджувати економічні інструменти, стандарти закупівель тощо [36].

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАЄМ. ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

В Україні, як і в багатьох інших країнах, проблема збору та транспортування елементів живлення набуває дедалі більшого значення. Це обумовлено стрімким зростанням використання електроніки, автомобільного транспорту та альтернативних джерел енергії, що призводить до збільшення кількості відпрацьованих акумуляторів. Відпрацьовані елементи живлення містять токсичні речовини, такі як свинець, кадмій, ртуть та кислоту, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини. За даними Міністерства екології та природних ресурсів України, щорічно в країні утворюється близько 20 тисяч тон відпрацьованих акумуляторів. Це вимагає належного управління, щоб запобігти забрудненню ґрунту та води [12].

Система збору відпрацьованих акумуляторів в Україні складається з кількох етапів:

— *збір*. Перший етап – це організація збору відпрацьованих акумуляторів. В Україні існують спеціалізовані пункти прийому, а також програми, що заохочують населення здавати старі акумулятори. Наприклад, компанії, що займаються продажем акумуляторів, часто мають програми прийому старих акумуляторів;

— *сортування*. Після збору акумулятори сортуються за типом (свинцеві, літій-іонні, нікель-кадмієві тощо). Це важливий етап, оскільки різні типи акумуляторів вимагають різних методів утилізації;

— *транспортування*. Транспортування акумуляторів повинно здійснюватися з дотриманням усіх норм безпеки. В Україні існують спеціальні правила, що регулюють транспортування небезпечних відходів, які вимагають використання відповідного транспорту та упаковки [49].

В Україні вже є приклади успішних проектів у сфері збору та утилізації відпрацьованих акумуляторів. Наприклад, компанія «Укравтозапчастина» започаткувала ініціативу зі збору відпрацьованих акумуляторів через мережу автосервісів. У рамках цієї програми клієнти можуть безкоштовно здавати старі акумулятори, отримуючи натомість знижки на нові. Ще один приклад –

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат	ТС 23510341	Арк
						36

програма «Екологічний автомобіль», яка реалізується в рамках партнерства між підприємствами та екологічними організаціями. У рамках цієї програми проводяться акції зі збору відпрацьованих акумуляторів, що дозволяє залучити увагу суспільства до проблеми утилізації небезпечних відходів.

Таким чином, управління використаними елементами живлення в Україні є важливим питанням, яке потребує комплексного підходу. Процес збору та транспортування відпрацьованих акумуляторів вимагає співпраці між державою, бізнесом та громадськістю. Успішні практики, такі як програми збору в автосервісах та екологічні ініціативи, демонструють, що зусилля для покращення ситуації вже розпочато. Однак для досягнення значних результатів необхідно продовжувати впроваджувати нові рішення та технології, спрямовані на зменшення негативного впливу відпрацьованих елементів живлення на навколишнє середовище.

Тепер розглянемо основні методи тестування та оцінки використаних елементів живлення, їх переваги та недоліки, а також приклади застосування. Стан акумулятора зазвичай визначається через кілька ключових параметрів: ємність, внутрішній опір, напругу та температуру. Ці фактори безпосередньо впливають на продуктивність і надійність акумуляторів. Тестування акумуляторів може включати як прості електричні вимірювання, так і складніші аналітичні методи [38].

Вимірювання напруги – це один з найпростіших методів оцінки стану акумулятора. Для літій-іонних (Li-ion) акумуляторів, які є найбільш поширеними в сучасних гаджетах, існують чіткі межі, що характеризують їх зарядженість. Наприклад, напруга нижче 3.0 В свідчить про те, що акумулятор вважається розрядженим і потребує термінової зарядки, оскільки подальше використання в такому стані може призвести до пошкодження акумулятора. У той же час, напруга вище 4.2 В вказує на те, що акумулятор досяг повної зарядженості. Ці значення є критично важливими для забезпечення безпеки та продовження терміну служби акумулятора.

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Регулярне вимірювання напруги елементів живлення дозволяє не тільки визначити їх поточний стан, але і прогнозувати можливі проблеми. Наприклад, поступове зниження напруги при повному заряді може свідчити про деградацію акумулятора, що є сигналом для його заміни. Крім того, моніторинг напруги є важливим для запобігання ситуаціям, коли акумулятор може перегріватися або навіть вибухати через надмірну зарядженість [6].

Тест на ємність – даний метод передбачає повний цикл заряджання та розряджання акумулятора, після чого визначається його ємність. Під час заряджання акумулятор наповнюється електричною енергією, в той час як розряджання дозволяє виміряти кількість енергії, яку акумулятор здатний віддати. Наприклад, якщо акумулятор, який раніше мав ємність 2000 мАг, після тесту показує лише 1500 мАг, це свідчить про його деградацію. Втрата ємності може бути наслідком різних факторів, таких як зношення, перегрів, неправильне використання або вплив навколишнього середовища.

Основними причинами деградації акумуляторів є:

— цикли заряджання-розряджання. Кожен цикл заряджання і розряджання акумулятора призводить до зносу його внутрішніх компонентів. Згодом це може призвести до зменшення ємності;

— температурні умови. Високі температури можуть прискорити хімічні реакції, що негативно впливають на матеріали акумулятора. Підвищена температура може викликати перегрів, що веде до зниження ємності та терміну служби акумулятора;

— неправильне використання: Використання акумулятора до повного розряджання або заряджання до 100% може також негативно вплинути на його довговічність. Наприклад, літій-іонні акумулятори найкраще працюють у діапазоні 20-80% заряду [7].

Прикладом деградації акумуляторів може слугувати дослідження, проведене в університеті Стенфорда, яке показало, що літій-іонні акумулятори, які піддавались частим циклам заряджання та розряджання, втрачали до 30% своєї

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

ємності вже після 500 циклів. Це свідчить про те, що для підтримання ефективності акумуляторів важливо дотримуватись рекомендацій щодо їх використання та обслуговування. Ще один приклад – акумулятори в електромобілях. Дослідження показують, що після декількох років експлуатації електромобіля, ємність акумулятора може зменшитися на 20-30%, що впливає на пробіг автомобіля. Це підкреслює важливість моніторингу стану акумулятора та проведення регулярних тестів на ємність.

Таким чином, тест на ємність є важливим інструментом для оцінки стану елементів живлення. Він дозволяє не лише виявити деградацію, але й зрозуміти причини, які можуть призвести до зменшення ємності. Регулярні тести та дотримання рекомендацій щодо використання акумуляторів можуть суттєво продовжити їх термін служби.

Одним з ключових методів оцінки довговічності елементів живлення є циклове тестування. Цей процес передбачає багаторазове заряджання та розряджання акумулятора, що дозволяє вивчити, як його ємність змінюється з плином часу.

Циклове тестування включає в себе кілька етапів, серед яких:

- заряджання акумулятора. Акумулятор повністю заряджається до максимально допустимого рівня;
- розряджання. Акумулятор розряджається до визначеного мінімального рівня, що запобігає його пошкодженню;
- повторення циклів. Ці етапи повторюються кілька разів, щоб зібрати дані про зниження ємності з кожним циклом [58].

Даний метод дозволяє не лише оцінити загальну продуктивність акумулятора, але й виявити фактори, які можуть впливати на його довговічність, такі як температура, швидкість заряджання та розряджання, а також хімічний склад. Циклове тестування має велику значущість для різних галузей, що використовують акумулятори. Наприклад, у виробництві електромобілів, де акумулятори є не лише джерелом енергії, але й значною частиною загальної

Інв.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	-----------	------------	-------------

вартості автомобіля. Відомі компанії, такі як Tesla, активно використовують циклове тестування для визначення терміну служби своїх акумуляторів, сприяючи вдосконаленню технологій та підвищенню ефективності. Власне інший приклад – це мобільні телефони, де елементи живлення повинні зберігати свою продуктивність протягом кількох років інтенсивного використання. Виробники, такі як Apple і Samsung, також проводять циклове тестування, щоб забезпечити споживачам надійні продукти.

З метою забезпечення ефективності, надійності та тривалості служби елементів живлення, важливо проводити детальне вивчення їх стану. Серед методів, що використовуються для цього, особливе місце займають електрохімічна імпедансна спектроскопія (EIS) та рентгенівська флуоресценція (XRF) [41]. EIS є потужним інструментом для аналізу електрохімічних систем. Даний метод дозволяє досліджувати електричні властивості акумуляторів, відстежуючи їх реакцію на змінні електричні сигнали. EIS надає інформацію про різні електрохімічні процеси, такі як перенесення заряджень, дифузія і електродні реакції. Прикладом застосування EIS може слугувати дослідження літій-іонних акумуляторів. Вчені використовують EIS для оцінки стану здоров'я (SOH) акумулятора, виявляючи зміни в імпедансі, які свідчать про деградацію активних матеріалів електродів. Зокрема, зміни в об'ємному та поверхневому опорі можуть свідчити про формування пасивних плівок, які перешкоджають нормальному переносу іонів літію, що, в свою чергу, знижує ефективність акумулятора.

Рентгенівська флуоресценція (XRF) – це метод, що використовується для визначення хімічного складу матеріалів. У контексті акумуляторів XRF дозволяє проводити аналіз активних матеріалів електродів, вивчаючи їх елементний склад та виявляючи наявність домішок, які можуть вплинути на продуктивність та безпеку елементів живлення [6]. Наприклад, дослідники застосовують XRF для аналізу катодних матеріалів в літій-іонних акумуляторах, таких як NMC (нікель-манган-кобальт). Цей метод дає змогу виявити зміни в складі матеріалів, які можуть виникати внаслідок циклів заряду та розряду, і вияснити, як ці зміни

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341



впливають на електрохімічну активність. Виявлення підвищеного вмісту кобальту чи зниженої концентрації мангану може свідчити про деградацію або зміни в структурі матеріалу, що потребують корекції.

Отже, застосування електрохімічної імпедансної спектроскопії та рентгенівської флуоресценції для дослідження стану елементів живлення відкриває нові можливості для покращення їх характеристик і подовження терміну служби. EIS надає детальну інформацію про електричні властивості та процеси, що відбуваються в акумуляторах, тоді як XRF дозволяє аналізувати хімічний склад активних матеріалів. Поєднання цих методів може стати основою для розробки нових, більш ефективних акумуляторних технологій, що відповідають вимогам сучасного ринку.

Акумулятори і батареї, які забезпечують живлення для різноманітних пристроїв, зокрема смартфонів, електромобілів та побутової техніки, мають обмежений термін служби. Тому відновлення цих енергетичних джерел є критично важливими як з екологічної, так і з економічної точки зору. Існує кілька методів, які можуть бути використані для ремонту та відновлення акумуляторів [29]. У багатьох випадках відновлення акумулятора може бути здійснене шляхом заміни зношених елементів. Наприклад, в електричних велосипедах часто можна замінити окремі клітини акумулятора, що дозволяє продовжити термін служби батареї.

Процес регенерації передбачає застосування спеціальних методів для відновлення хімічного складу активних матеріалів. Наприклад, в літій-іонних акумуляторах можуть використовуватися методи, що дозволяють відновити іонну провідність, що покращує їх продуктивність. У деяких випадках акумулятори можуть здаватися неефективними через помилки в програмному забезпеченні, що відповідає за управління зарядом. Оновлення або перезавантаження програмного забезпечення може вирішити ці проблеми.

У 2019 р. компанія Tesla представила програму з відновлення акумуляторів, які вийшли з ладу. Завдяки цій програмі вдалося відновити понад 80%

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

41

результативності старих акумуляторів, що значно зменшило кількість відходів. Багато сервісних центрів пропонують послуги з відновлення акумуляторів для смартфонів. Наприклад, компанія iFixit розробила набір інструментів для заміни акумуляторів, що дозволяє користувачам самостійно відновлювати свої пристрої, зменшуючи кількість електронних відходів.

Електроліти є критично важливими компонентами акумуляторів, оскільки вони забезпечують провідність іонів, що є необхідною для накопичення та віддачі електричної енергії. З часом електроліти можуть деградувати через хімічні реакції, що відбуваються під час циклів зарядки та розрядки. Регенерація електролітів може включати процеси, такі як фільтрація, очищення та повторна синтезу. Наприклад, в дослідженнях, проведених в університетах і наукових лабораторіях, було показано, що використання наноматеріалів для адсорбції забруднювачів з електролітів може суттєво підвищити їхню ефективність [54]. У практичному застосуванні, компанії, що спеціалізуються на переробці акумуляторів, можуть використовувати технології регенерації, які дозволяють відновлювати електроліти для повторного використання. Наприклад, у літій-іонних акумуляторах, що використовуються в електромобілях, дослідження показали, що регеновані електроліти можуть підтримувати таку ж ємність, як і нові, що робить їх економічно вигідними і екологічно чистими.

Крім електролітів, інші компоненти акумуляторів також можуть бути піддані регенерації. Одним із прикладів є анодні та катодні матеріали. У літій-іонних акумуляторах, матеріали, такі як графіт (для анодів) і літій-кобальт-оксид (для катодів), можуть зазнавати деградації. Однак, нові технології, такі як механічна обробка або термічна регенерація, дозволяють відновлювати їх структури, що, у свою чергу, відновлює їх електричні характеристики [12]. Наприклад, у дослідженнях було показано, що обробка втрачених анодних матеріалів за допомогою спеціальних хімічних реагентів може призвести до відновлення їхньої електропровідності до 80%. Це демонструє, що регенерація не

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

лише зменшує витрати на нові матеріали, але й суттєво знижує екологічний вплив, пов'язаний з видобутком і виробництвом нових компонентів.

Таким чином, регенерація електролітів та інших компонентів елементів живлення є важливим аспектом сталого розвитку в енергетичному секторі. Вона не тільки зменшує потребу в нових матеріалах, але й сприяє зменшенню екологічного впливу, пов'язаного з утилізацією старих акумуляторів.

#### 2.4. Утилізація використаних елементів живлення

Утилізація використаних елементів живлення є важливим екологічним питанням, яке потребує термінового вирішення. Як вже зазначалося, дані елементи містять небезпечні матеріали, такі як свинець, ртуть і кадмій, які можуть забруднювати ґрунт і води, потрапляючи в екосистему. Тому правильна утилізація цих відходів не лише знижує ризик негативного впливу на довкілля, але й сприяє повторному використанню цінних ресурсів. У даному контексті важливо розглянути методи утилізації, а також існуючі програми, які вже діють в Україні. Також дуже корисно буде розглянути зарубіжний досвід утилізації використаних елементів живлення.

Згідно з даними Міністерства екології та природних ресурсів України, в 2020 р. в Україні було зібрано близько 1 200 тонн відпрацьованих акумуляторів і батарейок. Це становило приблизно 5% від загальної кількості відпрацьованих батарейок, що свідчить про недостатній рівень утилізації. У 2021 році цей показник дещо зріс до 1 500 тонн, що означає зростання на 25%. Однак, незважаючи на позитивну динаміку, рівень утилізації досі залишається низьким в порівнянні з європейськими стандартами [16]. Згідно з даними Державної служби статистики, у 2022 р. обсяг утилізації досяг 2 000 тонн, що свідчить про зусилля держави та громадських організацій у підвищенні рівня збору відпрацьованих акумуляторів. Проте, цей показник все ще є недостатнім, оскільки, за оцінками

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА	TC 23510341	Арк
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат		43

фахівців, щорічно в Україні утворюється близько 40 000 тонн використаних елементів живлення.

Однією з основних причин проблеми утилізації використаних елементів живлення є відсутність належної інфраструктури. У багатьох регіонах країни немає пунктів збору, що змушує людей викидати батарейки у загальний смітник або залишати їх на вулиці. За даними Міністерства екології та природних ресурсів України, лише 10% населення знає про можливість утилізації батарейок, а ще менше – фактично їх здає. Це свідчить про недостатню інформацію та обізнаність населення з цього питання [39].

Прикладами відсутності інфраструктури можуть слугувати малі містечка та села, де відсутні навіть базові пункти збору вторинних сировин. Наприклад, у м. Острог Рівненської області, попри зростаючу кількість електронних пристроїв, немає жодного спеціалізованого пункту для збору використаних батарейок. Населення часто не знає, куди їх викинути, тому більшість з них просто опиняються на смітниках.

Для вирішення проблеми утилізації використаних елементів живлення в Україні необхідно вжити кілька заходів. По-перше, важливо створити належну інфраструктуру збору батарейок. Це можуть бути спеціалізовані контейнери, розміщені в громадських місцях, таких як школи, університети, магазини та торгові центри. По-друге, необхідно провести інформаційні кампанії для підвищення обізнаності населення про важливість утилізації батарейок. Залучення місцевих органів влади, екологічних організацій та медіа може значно підвищити рівень знань про це питання. По-третє, варто заохочувати підприємства, які виробляють батарейки, до участі в програмах з утилізації своїх продуктів [55]. Наприклад, в деяких країнах поширена практика, коли виробники зобов'язані забезпечити зворотний збір своїх товарів.

Держава також не приділяє достатньої уваги питанням утилізації використаних елементів живлення. Хоча в Україні існує законодавство, яке регулює утилізацію небезпечних відходів, воно не охоплює всі аспекти, пов'язані

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

44

з даною проблемою. Так, Закон України «Про відходи», хоча й регулює загальні принципи утилізації небезпечних відходів, не охоплює всі аспекти, пов'язані з використаними елементами живлення [7]. Законодавство потребує доопрацювання, щоб включити специфічні положення щодо акумуляторів і батарейок. Наприклад, необхідно встановити чіткі норми збору, транспортування та переробки відпрацьованих батарейок, а також визначити відповідальність виробників за їх утилізацію.

Для покращення ситуації в Україні необхідно вжити ряд заходів. По-перше, варто розробити нову редакцію Закону України «Про відходи», яка б чітко регламентувала процес утилізації батарейок і акумуляторів. По-друге, важливо запровадити національні кампанії з підвищення обізнаності населення про екологічні наслідки неправильного поводження з батарейками. Крім того, варто залучити бізнес до відповідальності за утилізацію своїх продуктів, запровадивши системи «зворотного збору». Успішна реалізація цих заходів не тільки покращить екологічну ситуацію в Україні, а й сприятиме розвитку економіки, оскільки переробка використаних елементів живлення може стати новим джерелом сировини для промисловості.

Ще однією важливою проблемою є недостатня обізнаність населення щодо екологічних наслідків неправильного поводження з використаними елементами живлення. Насамперед, варто зазначити, що акумулятори і батарейки містять токсичні метали, такі як свинець, ртуть, кадмій та літій. Викидання таких відходів на звичайні звалища призводить до забруднення ґрунту та води, оскільки ці елементи можуть проникати в навколишнє середовище і накопичуватися в екосистемі. Наприклад, свинець, що вивільняється при розкладанні акумуляторів, може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям, включаючи порушення роботи нервової системи, особливо у дітей [52]. Однак проблема полягає не лише у фізичних наслідках неправильного поводження з відходами, але й у відсутності належної обізнаності населення. Багато людей не знають, що акумулятори і батарейки є небезпечними відходами, які потребують спеціального збору та

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

утилізації. В Україні, на жаль, освітні кампанії, спрямовані на підвищення обізнаності населення про ці питання, є недостатніми. Дослідження показують, що лише 30% населення усвідомлює необхідність правильної утилізації батарейок, тоді як 70% продовжують викидати їх разом із звичайним сміттям. Щоб змінити цю ситуацію, необхідно запровадити комплексні освітні кампанії, які б інформували населення про екологічні наслідки неправильного поводження з акумуляторами. Це може включати проведення семінарів у школах, університетах та громадських організаціях, а також активну рекламу через соціальні мережі та ЗМІ. Наприклад, кампанії на кшталт «Батарейка, викинута в смітник – це небезпека для природи» можуть стати потужним інструментом у підвищенні рівня обізнаності громадян.

Зазначимо, що держава виступає ключовим гравцем у процесі утилізації використаних елементів живлення. Основні функції держави в цій сфері включають:

— *регулювання і законодавство*. Держава має розробити та впровадити закони, які регулюють збір, утилізацію та переробку акумуляторів. Наприклад, у Європейському Союзі існує Директива про акумулятори, яка зобов'язує виробників відповідати за утилізацію своїх продуктів;

— *інфраструктура*. Держава повинна забезпечити належну інфраструктуру для збору та переробки відпрацьованих акумуляторів. Це може включати спеціалізовані пункти збору, які б були доступні для населення;

— *освіта та інформаційні кампанії*. Держава може проводити кампанії з підвищення обізнаності громадськості про важливість утилізації акумуляторів, їх небезпеки для навколишнього середовища та здоров'я людини [6].

Приватний сектор також відіграє важливу роль в утилізації використаних елементів живлення. Основні аспекти його участі включають:

— *виробництво екологічно чистих продуктів*. Компанії можуть впроваджувати технології, які дозволяють зменшити кількість небезпечних матеріалів у складі акумуляторів, що полегшує їх утилізацію. Наприклад,

Підп. і ДСТУ	
Інв. №ДУБЛ.	
ВЗСЄМ.ІНВ.	
Підп. і ДСТУ	
ІНВ. №ТОДЛ.	

виробники літій-іонних акумуляторів активно досліджують можливості заміни небезпечних компонентів на безпечніші;

— *інноваційні рішення*. Приватний сектор може розробляти нові технології для переробки акумуляторів, які дозволяють зменшити викиди забруднюючих речовин та підвищити ефективність збору сировини. Наприклад, компанії, які займаються переробкою акумуляторів, використовують методи гідрометалургії для видобутку корисних металів;

— *співпраця з державою*. Приватні компанії можуть співпрацювати з державою в рамках програм утилізації, беручи участь у створенні інфраструктури збору та переробки акумуляторів. Наприклад, деякі виробники електроніки організовують програми повернення старих акумуляторів, пропонуючи знижки на нові продукти [49].

В Україні вже існує кілька програм і акцій, спрямованих на утилізацію використаних акумуляторів і батарейок. Ось деякі з них:

- *програма «Зелена батарея»*. Даний проект, який забезпечує безкоштовну утилізацію відпрацьованих батарейок. У рамках програми в Україні встановлюються спеціальні контейнери для збору відпрацьованих батарейок у навчальних закладах, торгових мережах і громадських місцях;

— *проект «Відповідальні виробники»*. Участь виробників батарейок у програмі збирання та утилізації відпрацьованих батарейок, що передбачає відповідальність за їхню екологічно чисту утилізацію;

— *акція «Батарейки, здавайтеся!»*. Це ініціатива, що проводиться в рамках екологічних акцій, де громадяни можуть принести використані батарейки на спеціально організовані пункти збору;

— *екологічні фестивалі*. На таких заходах, як «Green Fest», організатори створюють пункти збору відпрацьованих батарейок, залучаючи населення до відповідального ставлення до відходів;

ІНВ.НЕГОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
-------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ

ТС 23510341

Арк

47

— *проект «Екологічні класні кімнати»*. У рамках цього проекту школи можуть отримувати контейнери для збору батарейок, а також проводити просвітницькі заходи серед учнів про важливість утилізації;

— *кампанія «Супергерої екології»*. Дана програма вчить дітей та молодь відповідальному ставленню до відходів, включаючи використані елементи живлення. У рамках кампанії проводяться конкурси, акції та освітні програми;

— *співпраця з магазинами та супермаркетами*. Велика кількість торгових мереж, таких як «АТБ» і «Сільпо», мають пункти збору використаних батарейок у своїх магазинах, що спрощує процес утилізації для споживачів.

Розглянемо тепер зарубіжний досвід утилізації використаних елементів живлення. Сінгапур, як одна з найбільш розвинених країн світу, демонструє вражаючі результати у сфері утилізації використаних елементів живлення. У контексті глобальних екологічних викликів, таких як зміна клімату та забруднення навколишнього середовища, ефективна утилізація небезпечних відходів, зокрема тих, які містять важкі метали та токсичні речовини, стає надзвичайно важливою [52]. Сінгапур має чітку правову базу для утилізації відходів, яка включає в себе Закон про управління відходами 2007 р.. Цей закон регулює всі аспекти утилізації, включаючи акумулятори. Уряд Сінгапуру активно підтримує ініціативи, спрямовані на зменшення кількості небезпечних відходів, шляхом розробки програм з відновлення та переробки.

Одним із ключових елементів державної політики є програма «E-Waste Management» (Управління електронними відходами), яка включає в себе акумулятори та батарейки. У рамках цієї програми, компанії, які виробляють електроніку, зобов'язані забезпечити утилізацію своїх продуктів. Це стимулює виробників до розробки екологічних рішень та відповідального ставлення до своїх виробів [7].

Сінгапур створив розвинену інфраструктуру для збору та переробки акумуляторів. У країні функціонують спеціальні пункти збору, які розташовані у зручних для населення місцях, таких як торгові центри, школи та офісні будівлі.

ІНВ.НЬТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.НЬДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	-------------	--------------



Наприклад, програма «Battery Recycling Programme» (Програма переробки батарейок) забезпечує можливість безкоштовного збору відпрацьованих батарейок. Крім того, Сінгапур активно співпрацює з приватними компаніями, такими як компанії, що займаються переробкою електронних відходів. Наприклад, компанія TES, що спеціалізується на переробці електроніки, має потужності для безпечного вилучення та переробки акумуляторів, що забезпечує повторне використання цінних ресурсів [57].

Однією з ключових складових успіху Сінгапуру у сфері утилізації є активна освітня кампанія, спрямована на підвищення обізнаності населення про важливість відповідальної утилізації акумуляторів. Уряд та неурядові організації проводять різноманітні заходи, семінари та конкурси, які сприяють залученню громадськості до процесу переробки. Наприклад, у школах реалізуються програми, які навчають дітей основам екологічної відповідальності та важливості утилізації використаних елементів живлення.

У Німеччині процес утилізації використаних елементів живлення регулюється рядом законодавчих актів, серед яких особливе місце займає Закон про батареї (Batteriegesetz), прийнятий у 2009 р. Цей закон зобов'язує виробників акумуляторів і батарейок брати на себе відповідальність за їх утилізацію. Виробники повинні зареєструватися в державних органах, а також забезпечити, щоб їхні продукти були легко доступні для збору та переробки [38].

Однією з ключових складових успішної утилізації в Німеччині є добре розвинута система збору відходів. Споживачі можуть безкоштовно здавати використані акумулятори та батарейки в спеціально відведені місця: у магазинах, на пунктах збору та у муніципальних службах. Наприклад, мережа супермаркетів «REWE» та «EDEKA» має пункти збору, де споживачі можуть залишити свої використані батарейки. Після збору акумуляторів і батарейок, вони підлягають переробці. У Німеччині працює кілька підприємств, які займаються цією діяльністю. Наприклад, компанія «Assures Recycling» спеціалізується на переробці літій-іонних акумуляторів, які, завдяки своїй структурі, можуть містити

ІНВ.НЕГОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.НЕДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

до 90% вторинних сировин. Переробка акумуляторів не лише зменшує обсяги відходів, але й дозволяє повторно використовувати цінні матеріали, такі як кобальт, нікель і літій [6].

Завдяки продуманій системі утилізації, Німеччина змогла значно знизити негативний вплив використаних елементів живлення на навколишнє середовище. Згідно з даними Федерального агентства з охорони навколишнього середовища (Umweltbundesamt), у 2020 р. близько 50% всіх акумуляторів, що були виведені з експлуатації, були утилізовані. Це свідчить про високий рівень обізнаності населення та ефективність системи збору.

Зауважимо, що Швеція має розвинену правову базу для управління відходами, зокрема акумуляторами і батарейками. Відповідно до директиви Європейського Союзу 2006/66/ЕС, країни-члени зобов'язані забезпечити збір, утилізацію та переробку відпрацьованих акумуляторів. У Швеції цей процес регулюється Законом про акумулятори (Batterilagen), який зобов'язує виробників та імпортерів акумуляторів відповідати за їх утилізацію. Виробники повинні фінансувати збори та переробку своїх продуктів, що стимулює їх до розробки більш екологічно чистих технологій [52].

Швеція запровадила ефективну систему збору відпрацьованих акумуляторів та батарейок. У країні існує мережа пунктів збору, які розташовані в супермаркетах, аптеках та інших громадських місцях. Це значно полегшує доступ населення до можливостей утилізації. Наприклад, компанія «Batterirecirkulering» займається збором та переробкою акумуляторів, забезпечуючи високий рівень збору, який у 2022 р. становив близько 55%.

В процесі утилізації акумуляторів у Швеції використовуються різноманітні технології, включаючи механічне подрібнення, хімічну обробку та термічну переробку. Наприклад, в одній з провідних компаній у цій галузі, «Stena Recycling», акумулятори підлягають механічному подрібненню, після чого металеві компоненти відокремлюються від пластика та електролітів. Даний підхід

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДАТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДАТА
--------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТА
-----	-----	----------	-------	------

ТС 23510341

дозволяє значно зменшити обсяги відходів і повернути сировину у виробничий процес [37].

Польща, як одна з країн Європейського Союзу, реалізує різноманітні стратегії для вирішення цієї проблеми. Польща підписала та імплементувала Європейську директиву 2006/66/ЕС, яка регулює управління відходами акумуляторів і батарейок. Відповідно до цієї директиви, країни-члени зобов'язані забезпечити збір, обробку та утилізацію відпрацьованих акумуляторів. У Польщі було введено систему реєстрації, яка зобов'язує виробників акумуляторів реєструвати свої продукти і фінансувати їх утилізацію. Законодавство також передбачає обов'язковий збір відпрацьованих акумуляторів у спеціально відведених місцях. Це дозволяє зменшити кількість небезпечних відходів, які потрапляють на звалища, і забезпечити належне їх перероблення [12].

Польща реалізує кілька екологічних програм, спрямованих на підвищення рівня обізнаності населення про важливість утилізації акумуляторів. Наприклад, програма «Купуй відповідально» заохочує споживачів до покупки продукції з низьким вмістом небезпечних матеріалів та до участі в програмах утилізації. Крім того, організації, такі як «Związek Producentów i Importerów Baterii i Akumulatorów» (ZPBA), активно працюють над підвищенням рівня збору відпрацьованих акумуляторів. Вони організують акції, спрямовані на збір старих батарейок, що, зокрема, включає встановлення контейнерів для збору в супермаркетах і навчальних закладах.

Одним із вдалих прикладів утилізації акумуляторів у Польщі є проект «EkoBat», запущений у 2009 р. Дана ініціатива забезпечує збір і переробку відпрацьованих акумуляторів, здійснюючи моніторинг кількості зібраних відходів та їх подальшої утилізації. Завдяки цьому проекту вдалося значно підвищити рівень збору акумуляторів у містах. Власне ще одним прикладом є участь Польщі в міжнародних ініціативах, таких як «Batteries for a Greener Future», що спрямовані на обмін досвідом та кращими практиками в сфері утилізації

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

51



### РОЗДІЛ 3

## ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ

Згідно з міжнародними стандартами та законодавством, правильна утилізація використаних елементів живлення є не лише екологічною, але й соціальною відповідальністю. Ефективні технології утилізації дозволяють не лише зменшити шкідливий вплив на довкілля, але й сприяти повторному використанню цінних матеріалів, що входять до складу цих елементів живлення. У даному розділі розглянемо практичні технології утилізації використаних елементів, їх переваги та недоліки, а також потенційні рішення для покращення процесів збору та переробки. Аналіз сучасних підходів до утилізації використаних елементів живлення дозволить визначити найбільш ефективні стратегії, які можуть бути впроваджені в Україні та інших країнах для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку.

Одним із найбільш перспективних підходів є механічна переробка, яка дозволяє відновлювати цінні компоненти з використаних елементів живлення. Механічна переробка – це процес, що включає фізичну обробку відходів для відокремлення корисних матеріалів. У випадку з акумуляторами, цей процес може включати дроблення, подрібнення та сортування, що дозволяє отримати елементи, такі як свинець, нікель, кобальт, літій, а також пластик і електроліти [49].

Першим етапом є збір використаних акумуляторів і батарей, що може здійснюватися через спеціальні пункти прийому або програми повернення. На наступному етапі акумулятори дроблять на маленькі частинки. Це може здійснюватися за допомогою спеціальних дробарок, які розбивають корпус та внутрішні компоненти [16]. Після дроблення частинки піддаються сортуванню за допомогою магнітних та електростатичних сепараторів. На цьому етапі з відходів

Підп. і дата
Інв. №ДУБЛ.
Взаєм. інв.
Підп. і дата
Інв. №ТОДЛ.

виділяються метали, пластик та інші матеріали. Отримані матеріали далі обробляються: метали плавляться та використовуються для виготовлення нових продуктів, а пластик – для повторного використання.

В Україні та світі існує кілька прикладів успішної реалізації механічної переробки акумуляторів. Так, компанія «Recycling Technologies» займається збором та переробкою використаних акумуляторів. Вони використовують технології дроблення та сортування, що дозволяє відновлювати до 95% корисних матеріалів. Проект «Battery Recycling» у Європі: у рамках цього проекту країни ЄС реалізують стратегії утилізації, які включають механічну переробку. Багато заводів у Німеччині та Швеції використовують сучасні технології для ефективної переробки, що дозволяє зменшити негативний екологічний вплив.

Отже, механічна переробка використаних акумуляторів і батарей є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та охорони навколишнього середовища. Вона дозволяє не тільки зменшити обсяги відходів, але й відновити цінні ресурси, що в свою чергу знижує потребу у видобутку нової сировини. З огляду на постійне зростання використання електричних пристроїв, важливо впроваджувати та вдосконалювати технології механічної переробки, що сприятиме збереженню природних ресурсів і покращенню екологічної ситуації у світі.

Одним із методів утилізації використаних елементів живлення є гідрометалургія, яка ефективно дозволяє вилучати корисні метали з відходів, зменшуючи їх негативний вплив на навколишнє середовище. Гідрометалургія – це процес вилучення металів з руд або відходів за допомогою водних розчинів. Цей метод включає в себе кілька етапів: розчинення металів, вилучення та відновлення. Основною перевагою гідрометалургії є її екологічність і можливість переробки складних матеріалів, таких як акумулятори, без використання високих температур та токсичних реагентів [57]

Наведемо приклади використання гідрометалургії в Україні. Свинцеві акумулятори є найбільш поширеними в Україні. Гідрометалургійні технології

ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.НЕТОВАЛ.	ПІДП. І ДСТА
--------------	--------------	------------	--------------	--------------

дозволяють вилучати свинець та сірку з цих акумуляторів. В Україні вже існують підприємства, які використовують гідрометалургічні процеси для переробки свинцевих акумуляторів, зокрема в Запоріжжі, де розташовані заводи, які спеціалізуються на утилізації свинцевих акумуляторів. Зі зростанням популярності електромобілів зростає і кількість відходів від літєвих акумуляторів. Гідрометалургія пропонує ефективні рішення для вилучення літію, кобальту та нікелю. Дослідження в Україні показують, що можливо розробити технології для утилізації літєвих акумуляторів, зокрема шляхом застосування розчинників, які дозволяють вилучати ці метали з відходів [29].

В Україні активно проводяться наукові дослідження в галузі гідрометалургії, зокрема в університетах і наукових установах, що займаються питаннями переробки відходів. Наприклад, дослідження, проведені в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут», присвячені розробці нових методів вилучення металів з акумуляторних відходів. Незважаючи на перспективність гідрометалургії, в Україні існують певні виклики. По-перше, недостатня інфраструктура для збору та переробки використаних акумуляторів. По-друге, відсутність ефективного законодавства, яке б регулювало процес утилізації відходів. Однак, з огляду на глобальні тенденції до зменшення впливу на навколишнє середовище, українська промисловість має можливість перейти на екологічні технології утилізації використаних елементів живлення, такі як гідрометалургія.

В Україні, як і в багатьох інших країнах, накопичення небезпечних відходів, що містять важкі метали та токсичні речовини, викликає серйозні екологічні та соціальні проблеми. Пірометалургія, як одна з технологій утилізації, пропонує рішення для обробки таких відходів, забезпечуючи переробку цінних компонентів і зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Пірометалургія – це процес обробки металевих руд і відходів, який базується на високотемпературному плавленні матеріалів. Цей метод дозволяє витягувати метали з їхніх сполук, утворюючи чисті метали, які можуть бути повторно

ІНВ. №ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

використані в промисловості. Процес включає стадії, такі як сушка, спікання, плавлення та очищення, що забезпечують високу ефективність переробки [41].

Використання пірометалургії в утилізації використаних елементів живлення є досить перспективним напрямком, оскільки ці відходи містять значну кількість цінних металів, таких як свинець, кадмій, нікель, кобальт і літій. Наприклад, свинцеві акумулятори, які широко використовуються в автомобільній промисловості, можуть бути перероблені за допомогою пірометалургійних процесів, що дозволяє відновити до 95% свинцю. В Україні вже існують підприємства, які впроваджують пірометалургійні технології для утилізації відпрацьованих акумуляторів. Зокрема, компанії, що спеціалізуються на переробці свинцевих акумуляторів, використовують методи плавлення для отримання чистого свинцю, який потім може бути повторно використаний у виробництві нових акумуляторів.

Одним із прикладів ефективного використання пірометалургії в Україні є підприємство «Укравтозапчастина», яке займається утилізацією використаних автомобільних акумуляторів. Завдяки впровадженню пірометалургійних процесів, компанія змогла значно знизити кількість відходів та витягнути цінні метали, що робить її діяльність екологічно безпечною та економічно вигідною. Власне ще одним прикладом є дослідження, проведені в університетах та наукових установах України, які спрямовані на вдосконалення пірометалургійних технологій. Вони розробляють нові методи обробки, що дозволяють підвищити ефективність та зменшити витрати на утилізацію акумуляторів.

Отже, пірометалургія є важливим інструментом для утилізації використаних елементів живлення в Україні, забезпечуючи не тільки екологічну безпеку, але й економічну ефективність. Впровадження сучасних технологій у цю галузь відкриває нові можливості для переробки цінних металів, що містяться у відходах, і сприяє зменшенню їх негативного впливу на навколишнє середовище.

Тепер розглянемо біоремедіацію як технологію утилізації використаних елементів живлення в Україні, її переваги, можливості і приклади успішного

ІНВ. №ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

56



застосування. Біоремедіація – це процес, при якому мікроорганізми (бактерії, гриби) використовуються для очищення забруднених середовищ, таких як ґрунт і вода. Цей метод може бути застосований для видалення токсичних сполук, зокрема важких металів, органічних забруднювачів і нафтопродуктів [36]. Біоремедіація може бути активною (включає додавання поживних речовин для стимуляції росту мікроорганізмів) або пасивною (використання природних процесів). Утилізація використаних елементів живлення за допомогою біоремедіації передбачає використання специфічних мікроорганізмів, які здатні метаболізувати або зв'язувати важкі метали, що містяться в акумуляторах. Дослідження показують, що певні види бактерій можуть ефективно трансформувати токсичні метали в менш небезпечні форми, або ж виводити їх з середовища.

Переваги біоремедіації:

- *екологічність*. Біоремедіація є природним процесом, що зменшує потребу в хімічних засобах для очищення забруднень;
- *економічність*. Вона може бути менш витратною в порівнянні з традиційними методами утилізації, такими як спалювання або захоронення, які можуть вимагати значних капіталовкладень;
- *відновлення ресурсів*. Застосування біоремедіації дозволяє не лише очищати забруднені території, але й відновлювати корисні компоненти, які можна повторно використовувати [55].

Процес біоремедіації:

- ідентифікація забруднень. Першим кроком є визначення типів важких металів і забруднень, які містяться в акумуляторах;
- вибір мікроорганізмів. Проводяться дослідження для ідентифікації видів бактерій або грибів, які здатні ефективно взаємодіяти з цими забрудненнями;
- моделювання умов. Створення оптимальних умов для росту мікроорганізмів, таких як температура, рН, наявність поживних речовин;

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

— моніторинг процесу. Під час біоремедіації важливо контролювати рівень забруднень у середовищі та активність мікроорганізмів [7].

В Україні проводяться дослідження щодо використання мікробних культур для очищення територій, забруднених відходами акумуляторів. Наприклад, в експериментальних умовах було показано, що певні штами бактерій здатні знижувати концентрацію свинцю в ґрунті на 50% за кілька тижнів. Деякі українські ВНЗ, такі як Київський національний університет імені Тараса Шевченка, впроваджують програми з дослідження біоремедіації для утилізації відходів, включаючи відпрацьовані акумулятори. Студенти та науковці працюють над проектами, що включають вивчення місцевих мікроорганізмів та їх здатності до біоремедіації.

Таким чином, біоремедіація є перспективною технологією утилізації використаних елементів живлення, яка може суттєво знизити негативний вплив на навколишнє середовище. В Україні, враховуючи зростаючу проблему забруднення, важливо продовжувати дослідження в цій сфері та впроваджувати ефективні біоремедійні технології в практику утилізації.

*Повторне використання елементів живлення.* Один з основних аспектів повторного використання акумуляторів полягає у відновленні старих. Наприклад, компанії, такі як Tesla, активно займаються відновленням літій-іонних акумуляторів, що вийшли з ладу в електромобілях. Замість того, щоб утилізувати ці акумулятори, їх переробляють для повторного використання. Процес відновлення включає тестування, заміну зношених елементів та повторну зарядку, що дозволяє продовжити термін служби акумулятора ще на кілька років [58].

Крім відновлення, використані елементи живлення можуть знайти нове життя в інших сферах. Наприклад, використані літій-іонні акумулятори з електромобілів можуть бути перетворені на стаціонарні системи зберігання енергії для домашнього використання або для комерційних потреб. Це дозволяє зберігати енергію, отриману з відновлювальних джерел, таких як сонячні панелі

ІНВ.НЕТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

58

або вітрові турбіни. Відмінним прикладом є компанія Nissan, яка запустила проект «Nissan Energy Solar», у рамках якого акумулятори Leaf використовуються для зберігання сонячної енергії. Такі системи не лише зменшують викиди вуглецю, але й дозволяють споживачам знизити витрати на електроенергію. Інші компанії, такі як Honda та BMW, також досліджують можливості повторного використання акумуляторів для зберігання енергії.

Повторне використання використаних елементів живлення має значні екологічні переваги. Зменшуючи кількість відходів, ми зменшуємо навантаження на сміттєзвалища та знижуємо ризик забруднення навколишнього середовища небезпечними матеріалами, які містять акумулятори. Крім того, повторне використання зменшує потребу у видобутку нової сировини, таких як літій, кобальт і нікель, що, у свою чергу, знижує екологічний слід процесу виробництва [52].

Таким чином, повторне використання використаних елементів живлення є важливим кроком до сталого розвитку, яке може принести значні вигоди як для економіки, так і для навколишнього середовища. Відновлення старих акумуляторів та їх використання в нових сферах не лише зменшує кількість відходів, але й допомагає зберігати природні ресурси. По мірі зростання популярності електромобілів та відновлювальної енергії, важливо продовжувати дослідження і розробку технологій, які сприятимуть ефективному повторному використанню акумуляторів.

Компанії, які займаються утилізацією використаних елементів живлення, можуть також впроваджувати інноваційні технології. Так, роботизовані системи у процесі збору, сортування та обробки акумуляторів можуть значно підвищити ефективність цих процесів, зменшуючи людський вплив на небезпечні матеріали та підвищуючи безпеку. Першим етапом утилізації акумуляторів є їх збір. Використання роботизованих систем у цьому процесі може значно зменшити ризики, пов'язані з ручним збором небезпечних матеріалів. Наприклад, автономні роботи можуть бути використані для збору акумуляторів з певних місць, таких як

ІНВ. №ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
-------------	-------------	------------	-------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

торгові точки або пункти прийому, зменшуючи ризик травм для людей, які зазвичай виконують цю роботу [39]. Одним із прикладів таких технологій є використання дронів, які можуть швидко надати інформацію про місцезнаходження акумуляторів, а також їхній стан. Це не тільки підвищує ефективність збору, але й дозволяє зменшити витрати на транспорт і логістику.

Другим етапом утилізації є сортування акумуляторів. Роботизовані системи, які використовують штучний інтелект та комп'ютерне зору, можуть автоматично розпізнавати різні типи акумуляторів, що значно підвищує точність сортування. Наприклад, компанія «AMP Robotics» розробила системи, які використовують алгоритми машинного навчання для ідентифікації та класифікації відходів, включаючи акумулятори, на конвеєрних лініях. Це дозволяє зменшити кількість помилок, які можуть статися під час ручного сортування, а також підвищує швидкість обробки.

Останнім етапом є обробка акумуляторів. Роботизовані системи можуть бути використані для безпечного розбирання акумуляторів та вилучення цінних матеріалів, таких як літій, кобальт та нікель. Це дозволяє не тільки зменшити кількість небезпечних відходів, але й забезпечити повторне використання ресурсів [12]. Наприклад, компанія «Li-Cycle» використовує роботизовані технології для переробки літій-іонних акумуляторів. Їх система дозволяє безпечно розбирати акумулятори, витягуючи цінні матеріали з максимальною ефективністю. Це не тільки зменшує негативний вплив на навколишнє середовище, але й створює економічно вигідний процес утилізації.

Отже, впровадження роботизованих систем у процеси утилізації використаних елементів живлення є важливим кроком до підвищення ефективності і безпеки цього процесу. Автономні роботи, системи комп'ютерного зору та інші інноваційні рішення дозволяють зменшити ризики, пов'язані з небезпечними матеріалами, підвищити точність сортування та забезпечити повторне використання цінних ресурсів. У майбутньому можна очікувати, що

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗАЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

дані технології стануть стандартом у сфері утилізації електронних відходів, сприяючи сталому розвитку і збереженню навколишнього середовища.

Перспективи подальших розвідок можуть бути пов'язані з дослідженням альтернативних, менш токсичних матеріалів для виробництва нових акумуляторів, таких як натрієві або органічні акумулятори; розробкою більш ефективних і економічних методів утилізації, які зменшують витрати та підвищують відсоток відновлення цінних матеріалів; вивченням можливостей інтеграції утилізації акумуляторів у концепцію циркулярної економіки, де відходи стають сировиною для нових продуктів; дослідженням впливу нових законодавчих ініціатив на утилізацію акумуляторів, зокрема правила збору, транспортування та переробки; підвищенням обізнаності суспільства про важливість утилізації використаних елементів живлення та їх вплив на довкілля.

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і дста	Взаєм.інв.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і дста	ТС 23510341	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дст		61

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Техніка безпеки під час поводження з використаними елементами живлення

Усі зібрані використані елементи живлення направляються на тимчасові склади для подальшої обробки та утилізації організаціями, що займаються поводженням з відходами і мають відповідні дозволи згідно з чинним законодавством. Об'єкти, що займаються обробкою використаних елементів живлення, повинні бути організовані, обладнані та експлуатуватися відповідно до наступних вимог:

- наявність ваг для вимірювання кількості фракцій використаних елементів живлення що надходять і вивозяться з приміщення;
- використання водонепроникних і корозійностійких поверхонь, контейнерів для збору розлитих рідин, а також за необхідності – відстійників та обладнання для знежирення;
- відведені місця для зберігання компонентів та вузлів після їх демонтажу;
- контейнери для зберігання батарейок, акумуляторів, які містять поліхлоровані біфеніли (ПХБ) чи поліхлоровані терфеніли (ПХТ), а також інших небезпечних відходів, у тому числі радіоактивних;
- системи очищення стічних вод відповідно до вимог природоохоронного законодавства, а також спеціалізовані системи вентиляції за потреби [28].

Робочі місця, де технологічні процеси, обладнання, сировина та матеріали можуть бути джерелом шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть негативно вплинути на здоров'я нинішніх і майбутніх працівників та їхніх нащадків, повинні бути атестовані згідно з Порядком, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.92 р. № 442.

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА	ТС 23510341	Арк
						62
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ		

До роботи з використаними елементами живлення допускаються особи чоловічої та жіночої статі, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, не мають медичних протипоказань і пройшли навчання та інструктаж з охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки в разі аварії [2].

Персонал, що працює з використаними елементами живлення, повинен пройти всі необхідні інструктажі, навчання (включаючи підвищення кваліфікації) і перевірку знань з питань охорони праці відповідно до Типового положення про порядок навчання та перевірки знань з охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 N 15, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N231/10511. Усі нещасні випадки, а також порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призводять до нещасних випадків або аварій, підлягають розслідуванню для виявлення причин та винуватців, а також для вжиття заходів, які запобігатимуть повторенню таких ситуацій.

Працівники, які зайняті у шкідливих або небезпечних умовах праці, або в умовах, що пов'язані із забрудненням чи несприятливими метеорологічними умовами, повинні бути забезпечені спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з Положенням про забезпечення працівників такими засобами. В наявності повинна бути аптечка з медикаментами та перев'язувальними матеріалами, яка регулярно поповнюється (з урахуванням терміну придатності медикаментів) для надання першої медичної допомоги у разі травм або нещасних випадків [52].

На видному місці в економічній зоні мають бути розміщені інструкції щодо дій персоналу у випадку пожежі та порядку повідомлення муніципальної пожежної охорони.

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТ	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТ
------------	-------------	------------	------------	-------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

#### 4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах з утилізації використаних елементів живлення

Закон України «Про пожежну безпеку» встановлює основні правові, економічні та соціальні принципи забезпечення пожежної безпеки на території країни та регулює відносини між державними органами, юридичними та фізичними особами в цій сфері, незалежно від виду діяльності та форми власності [21]. Пожежна безпека визначається як стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвитку пожежі, а також небезпечного впливу її факторів на людей і забезпечується захист матеріальних цінностей. Для реалізації пожежної безпеки установи проводять заходи з пожежної профілактики, які включають комплекс організаційних та технічних дій, спрямованих на захист людей, запобігання пожежам, обмеження їх поширення та створення умов для ефективного гасіння.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях персонал об'єкта має в своєму розпорядженні первинні засоби пожежогасіння. До таких засобів належать вогнегасники, підручні засоби (наприклад, негорючі покривала, ящики з піском, пожежні відра, лопати, ломи, сокири) та автоматичні системи пожежогасіння. Первинні системи можуть бути автономними або частиною пожежного щита, залежно від категорії об'єкта.

Власне серед найпоширеніших причин виникнення пожеж можна виділити:

- порушення норм зберігання легкозаймистих матеріалів, особливо поблизу опалювальних приладів;
- недотримання правил пожежної безпеки;
- неправильна експлуатація електричного обладнання;
- куріння в заборонених для цього місцях [2].

У разі виникнення пожежі або її ознак (дим, запах горілого, підвищена температура в приміщенні тощо) слід:

- оголосити тривогу працівникам та відвідувачам;

ІНВ.№ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА	ТС 23510341	Арк
						64
Вип	Арк	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДСТ		



- негайно зателефонувати до служби порятунку за номером 101 (вказати адресу закладу, місце виникнення пожежі, свою посаду та прізвище);
- евакуювати людей у безпечне місце;
- повідомити керівництво про пожежу;
- організувати пожежну команду;
- вжити заходів для захисту матеріальних цінностей та спробувати загасити вогонь за допомогою наявних засобів (локалізація) [28];
- разі потреби викликати інші екстрені служби (медичну, газову тощо);
- закривати двері, залишаючи приміщення, щоб зменшити доступ кисню;
- переконатися, що пожежна команда була викликана (повторити дзвінок) і попередити керівництво;
- направити працівників на евакуацію;
- переконатися, що пожежники не беруть участі в гасінні пожежі;
- евакуювати з небезпечної зони осіб, які не беруть участі в гасінні;
- забезпечити роботу систем пожежогасіння та протипожежного захисту;
- вжити заходів для запобігання подальшому поширенню пожежі та задимленню в будівлі;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони для надання допомоги у виборі найкоротшого шляху до місця пожежі та підключення до джерела водопостачання для гасіння.

Таким чином, безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах з утилізації використаних елементів живлення є критично важливою для забезпечення охорони здоров'я людей та збереження навколишнього середовища. Вжиття заходів для запобігання небезпекам та підготовка до можливих надзвичайних ситуацій може значно знизити ризики, пов'язані з їх утилізацією.

ІНВ.№ТОДЛ.	Підп. і ДСТА	ВЗСЄМ.ІНВ.	ІНВ.№ДУБЛ.	Підп. і ДСТА
------------	--------------	------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

## ВИСНОВКИ

В умовах сучасного світу, де електрична енергія стала невід'ємною частиною повсякденного життя, використання елементів живлення набуло особливої важливості. Дані пристрої зберігають енергію і забезпечують її подачу в потрібний момент, що робить їх незамінними в електроніці, транспорті та навіть у відновлювальних джерелах енергії. Однак, зростання використання елементів живлення призводить до значних екологічних проблем, пов'язаних з їх використанням та утилізацією. Елементи живлення класифікуються за різними критеріями, зокрема за хімічним складом, конструкцією та застосуванням. Найпоширенішими типами акумуляторів є свинцево-кислотні, літій-іонні, нікель-метал-гідридні (NiMH) та нікель-кадмієві (NiCd) акумулятори. Кожен з цих типів має свої унікальні характеристики, які впливають на їх ефективність і застосування.

Свинцево-кислотні акумулятори, наприклад, широко використовуються в автомобілях завдяки своїй високій потужності та низькій вартості. Проте їх обмежений цикл зарядки і важка вага є значними недоліками. Літій-іонні акумулятори, навпаки, забезпечують високу енергетичну щільність і тривалий термін служби, що робить їх ідеальними для портативних електронних пристроїв.

Використані елементи живлення містять небезпечні матеріали, такі як свинець, ртуть, кадмій та літій. Викидання їх на смітники може призвести до забруднення ґрунту та води, а також створити загрозу для здоров'я людей і екосистем. За оцінками фахівців, у світі щорічно викидається близько 3 мільйонів тонн відпрацьованих акумуляторів, і ця цифра продовжує зростати. Тому розробка ефективних технологій їх утилізації є критично важливою.

Механічна переробка передбачає подрібнення батарей до дрібних частинок, після чого з них видаляються метали та інші корисні матеріали. Подрібнені частинки потім обробляються для вилучення цінних компонентів, таких як

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТ	ВЗАСМ. ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТ	Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ	ТС 23510341	Арк
											66

свинець, кадмій та літій. Механічна переробка є ефективною, проте потребує високих енергетичних витрат. У випадку хімічної переробки використовуються хімічні реакції для розділення компонентів елементів живлення. Даний метод дозволяє отримувати чисті метали, які можуть бути повторно використані у виробництві нових акумуляторів. Хімічна переробка є більш складною, але забезпечує вищу якість виходу матеріалів.

Піроліз – це технологія, що передбачає термічний розклад матеріалів у відсутності кисню. Піроліз дозволяє отримувати енергію та вуглецеві залишки, які можна використовувати в промисловості. Цей метод також допомагає зменшити кількість відходів. Останнім часом активно досліджуються можливості використання мікроорганізмів для утилізації небезпечних матеріалів. Деякі види бактерій здатні розкладати токсичні компоненти елементів живлення, що відкриває нові можливості в екологічній утилізації.

Ефективні технології утилізації використаних елементів живлення не лише зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, але й дозволяють зекономити ресурси. Повторне використання металів та інших компонентів знижує потребу в їх видобутку, що, у свою чергу, зменшує енергетичні витрати і викиди парникових газів.

Хоча технології утилізації використаних елементів живлення досить активно розвиваються, існує ряд викликів, з якими потрібно справитися. По-перше, багато країн не мають достатньої інфраструктури для збору та обробки відпрацьованих батарей. По-друге, часто відсутня адекватна законодавча база, яка б регулювала процес утилізації. Нарешті, необхідно підвищувати обізнаність населення щодо важливості правильної утилізації використаних елементів живлення.

ІНВ. №ТОДЛ.	ПІДП. І ДСТА	ВЗАСМ.ІНВ.	ІНВ. №ДУБЛ.	ПІДП. І ДСТА
-------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	ПІДП.	ДАТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Башевая Т. С. Утилізація сірчаноокислотних відходів відпрацьованих свинцевоокислотних акумуляторів. Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів : V міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів : зб. доповідей. Донецьк: ДонНТУ, 2006. Т.1. С. 68-72.

2. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник / В. В. Сокурєнко, О. М. Бандурка, С. М. Бортник та ін. ; за заг. ред. В. В. Сокурєнка ; Харків. нац. ун-т внутр. справ. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.

3. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков. І. Ю Основи екології: підручник 2-ге вид. К.: Либідь, 2005. 408 с.

4. Бобильов Ю.В., Бригадирєнко В.В., Булахов В.Л. та ін. Екологія : підручник для вузів. Харків: Фоліо, 2014. 672 с.

5. Бондар О. І., Барановська В. Є., Єресько О. В. та ін. Е 457 Екологічна освіта для сталого розвитку у запитаннях та відповідях : науково-методичний посібник для вчителів. Херсон : Грінь Д.С., 2015. 228 с.

6. Важкі метали як фактор ризику для здоров'я людини та довкілля при поводженні з відходами електричного та електронного обладнання. URL: <http://protox.medved.kiev.ua/index.php/ua/issues/2015/>

7. Виговська Г.П. Вирішення проблеми електронних відходів: європейські підходи до української проблеми. URL: [https://dspace.univd.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Vyrishennia%20problemy%20elektronnykh%20vidkhodiv\\_yevropeiski%20pidkhody%20do%20ukrainskoi%20problemy\\_Shumilo\\_Vyhovska\\_Tsyhulova\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.univd.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/443/Vyrishennia%20problemy%20elektronnykh%20vidkhodiv_yevropeiski%20pidkhody%20do%20ukrainskoi%20problemy_Shumilo_Vyhovska_Tsyhulova_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

8. Вирішення проблеми електронних відходів: європейські підходи до української проблеми / Шуміло О. М., Виговська Г. П., Цигульова О. М. та ін. К. : ФОП «Клименко», 2013. 88 с.

Підп. і дста
Інв. № доубл.
Взаєм. інв.
Підп. і дста
Інв. № товл.

						<i>ТС 23510341</i>	Арк
Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Дст			68

9. Волошина Н.О. Екологія Частина II: навчальний посібник. К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2020. 219 с.

10. Гандзюра В.П. Екологія. Навчальний посібник. Видання 3-тє, перероблене і доповнене. К.: ТОВ «Сталь», 2012. 390 с.

11. Горлицький Б.О. Деякі проблеми поводження з небезпечними відходами. Охорона навколишнього середовища. 2005. № 6. С. 9-13.

12. Данилова Н. Чому давно пора зайнятися переробкою електронних відходів. Голова Асоціації управління відходами, для порталу Green Deal. URL: <https://interfax.com.ua/news/greendeal/778301.html>

13. Джигирей В.С. «Екологія та охорона навколишнього природного середовища»: Навч. посіб. -5-те вид. випр. і доп. -К.: Т-во «Знання», КОО, 2007. С. 33-37.

14. Екологічні аспекти використання та утилізації акумуляторів. URL: <https://fpower.com.ua/ekolohichni-aspekty-vykorystannia-ta-utylyzatsii-akumuliatoriv/>

15. Екобезпека та ресурсозбереження при утилізації автомобілів: підручник / Н.В.Внукова, В.П.Волков, І.В.Грицук, О.І.Позднякова, Т.В.Волкова. Херсон: Видавництво ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 229 с.

16. Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матер. VI Всеукр. наук.-практ. заоч. конф., м. Київ, 16 травня 2023 р. / за заг. ред. Х.С. Мітюшкіної. Київ: МДУ, 2023. 108 с.

17. Екологічна енциклопедія: У 3 т./ Редколегія: А.В. Толстоухов (головний редактор) та ін. К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2006–2008. С. 117-121.

18. Економіка природокористування: стан, проблеми, перспективи: Збірник наукових праць за матеріалами III Всеукраїнської науково-практичної Інтернетконференції (м. Ірпінь, 13 – 20 березня 2017 р.). Ірпінь: УДФСУ, 2017. 254 с.

19. Закон України «Про відходи». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр#Text>

ІНВ.НЕТОВАЛ. ПІДП. І ДСТА  
ВЗАСМ.ІНВ. ІНВ.№ДУБЛ.  
ПІДП. І ДСТА

20. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

21. Закон України «Про пожежну безпеку». URL:  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text>

22. Зубик С.В. Техноекologia: Джерела забруднення і захист навколишнього середовища. Львів: Оріяна-Нова, 2007. 432 с.

23. Інструкція з питань техногенної безпеки, пожежної безпеки та цивільного захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій. URL:  
[https://kneu.edu.ua/userfiles/bezpeka\\_ta\\_ohorona\\_prazi/D086nstrukcD196ya\\_28p\\_ozaplanovij\\_D196nstruktazh29\\_.pdf](https://kneu.edu.ua/userfiles/bezpeka_ta_ohorona_prazi/D086nstrukcD196ya_28p_ozaplanovij_D196nstruktazh29_.pdf)

24. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області. Монографія / Кол. авторів під ред. В.Г. Петрука. Вінниця : УНІВЕРСУМ. Вінниця, 2007. 160 с.

25. Коваленко І. В., Кузнецова І. О., Шевченко Р. І., Гаркович О. Л. Поводження з муніципальними відходами: навч. посібн. для студ. Закладів вищої освіти. Одеса : ОНАХТ «Академія», 2018. 150 с.

26. Концепція Zero waste. Філософія безвідходного тренду.  
<https://newfood.media/2022/01/27/zero-waste-lifestyle-shcho-take-nulvidkhodiv-filosofia-bezvidkhodnoho-trendu/>

27. Лико Д. В., Лико С. М., Портухай О. І. Екологія : навчальний посібник. Херсон: Олді-плюс, 2016. 304 с.

28. Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П., Шмандій В.М., Сафранов Т.А. Техноекologia: підручник. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. 424 с.

29. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., (Полтава, 7-8 квіт. 2014 р.) / Полтав. нац. пед. ун-т імені В.Г.Короленка, Полтав. держ. аграрна акад. та ін. Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2014. 434 с.

30. Мельник Л.Г. Екологічна економіка: Підручник. 3-тє вид., випр. і доп. Суми: Університетська книга, 2006. 367 с.

Підп. і ДСТ	
Інв. №ДУБЛ.	
ВЗСЄМ.ІНВ.	
Підп. і ДСТ	
ІНВ. №ТОДЛ.	

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341

Арк

70



42. Правове регулювання утилізації батарей та акумуляторів. URL: [https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Правове\\_регулювання\\_утилізації\\_батарей\\_т\\_а\\_акумуляторів](https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Правове_регулювання_утилізації_батарей_т_а_акумуляторів)

43. Правила сортування: які відходи приймають для вторинної переробки. URL: <https://uteka.ua/ua/publication/news-14-delovye-novosti-36-pravila-sortirovkikakie-otxody-prinimayut-dlya-vtorichnoj-pererabotki>

44. Проект Закону України «Про батарейки, батареї і акумулятори». URL: [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/08/Projekt-ZakonuUkrayini-Pro-batareyki-batareyi-i-akumulyatori\\_14-07-2017.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/08/Projekt-ZakonuUkrayini-Pro-batareyki-batareyi-i-akumulyatori_14-07-2017.pdf)

45. Рябуха О., Черніков Д. Рада не хоче прибирати сміття. Як врятувати реформу поводження з відходами. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/experts/2016/10/26/7056422/>

46. Семенова В.Ф., Михайлик О.Л.. Екологічний менеджмент: навчальний посібник. К. Центр навчальної літератури, 2014. 408 с.

47. Скорик О. О. Формування економічного механізму управління електронними відходами в Україні. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5433>

48. Соломенко Л.І., Боголюбов В.М., Волох А.М. Загальна екологія : підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 352 с.

49. Тесленко І. Електронне сміття в Україні: викинути не можна переробити. URL: <https://www.unian.ua/consumers/818664-elektronne-smittya-v-ukrajini-vikinuti-ne-mojna-pererobiti.html>

50. Технології захисту навколишнього середовища. Частина 3. Сталий менеджмент та ресурсна ефективність /Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. та ін./ Підручник. Херсон: Олді-плюс. 2019. 230 с.

51. Тимохіна А., Тютько С. М. Батарейки: загроза для навколишнього середовища. Веб-сайт Національного фармацевтичного університету. URL: <https://college.nuph.edu.ua/wpcontent/uploads/2021/04/Тимохіна-А.-Керівник->

ІНВ.НЕТОВАЛ. ПІДП. І ДСТА  
ВЗРОСМ.ІНВ. ІНВ.№ДУБЛ.  
ПІДП. І ДСТА

Вип	АРК	№ ДОКУМ.	Підп.	ДСТ
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 23510341



Тютько-С.-М.-БАТАРЕЙКИЗАГРОЗА-ДЛЯ-НАВКОЛИШНЬОГО-  
СЕРЕДОВИЩА.pdf

52. Управління та рекуперація відходів: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький та інші. Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2020. 134 с.

53. Урбоекологія і техноекоекологія: підруч. / Г.М. Франчук, О.І. Запорожець, Г.І. Архіпова. К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2011. 496 с.

54. Утилізація акумуляторів і акумуляторних батарей. URL: <https://ecological.investments/akumulyatori,-akumulyatorni-batareyu.html>

55. Утилізація використаних елементів живлення. URL: <https://olestaseko.com.ua/utilizacija-vikoristanih-elementiv-zhivlennja>

56. Утилізація акумуляторних батарей, переробка. URL: <https://утилізація.укр/uk/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-akkmulyatornyh-batareek/>

57. Фалько В. В., Жук В. М. Світовий досвід щодо організації збору та утилізації електронних відходів та його впровадження в Україні. Збірник тез доповідей V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції СДУ: Суми, 2018. С. 77-81.

58. Філатов Л. Г., Сидоренко С. В., Кононенко О. С. Поводження з електронними відходами в Україні: аналіз проблеми та шляхи вирішення. 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)

59. Шкідливість сонячних батарей: екологічні аспекти. Solar Garden. URL: <https://www.solargarden.com.ua/shkidlyvist-sonyachnyh-batarej-ekologichniaspekty/>

60. Як в Україні планують впроваджувати норми європейського законодавства щодо відходів електричного та електронного обладнання, батареї та акумулятори. URL: <https://kpmg.com/ua/uk/blogs/home/posts/2020/05/polluter-paysprinciple.html>

Підп. і дата	
Інв.№ДУБЛ.	
ВЗСЄМ.ІНВ.	
Підп. і дата	
ІНВ.№ГОДЛ.	

Вип	Арк	№ ДОКУМ.	Підп.	Дат

ТС 23510341

Арк

73