

ЕКСТРАКЦІЯ ЛІТІЮ ТА ПОВТОРНЕ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОНЕНТІВ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО УТИЛІЗАЦІЇ ЛІТІЄВИХ БАТАРЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація:

Сучасний розвиток електроніки та електромобілів спричинив суттєве збільшення використання літєвих батарей. Водночас зростає проблема їх утилізації через токсичні матеріали та обмеженість природних ресурсів. Одними з найперспективніших методів переробки є екстракція літію та повторне використання компонентів, таких як мідь, алюміній та графіт. Ці технології дозволяють зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечити повторне використання цінних матеріалів. Дана робота досліджує основні методи екстракції літію, а також підходи до розділення компонентів літєвих батарей. Розглянуто переваги, недоліки та перспективи застосування цих технологій як у розвинених країнах, так і в Україні. Запропоновано можливі інноваційні рішення для покращення ефективності процесів переробки.

Ключові слова: літєві батареї, утилізація, екстракція літію, повторне використання, розділення компонентів, відновлення матеріалів, переробка акумуляторів, екологічні технології, вторинне використання, інноваційні методи.

Abstract:

The rapid growth of electronics and electric vehicles has significantly increased the use of lithium batteries. At the same time, the problem of their disposal is escalating due to toxic materials and limited natural resources. Among the most promising recycling methods are lithium extraction and the reuse of components such as copper, aluminum, and graphite. These technologies help reduce environmental impact and enable the recovery of valuable materials. This paper explores the main methods of lithium extraction, as well as approaches to separating lithium battery components. The advantages, disadvantages, and prospects of these technologies are examined for both developed countries and Ukraine. Potential innovative solutions for enhancing the efficiency of recycling processes are proposed.

Keywords: lithium batteries, disposal, lithium extraction, reuse, component separation, material recovery, battery recycling, ecological technologies, secondary use, innovative methods.

Вступ

Зростання використання літій-іонних батарей (LIB) у транспорті, портативних пристроях і відновлюваній енергетиці супроводжується значним збільшенням відходів цих пристроїв. За прогнозами, до 2030 року кількість відпрацьованих LIB перевищить 2 млн тонн щороку [1]. Неправильна утилізація таких батарей спричиняє серйозні екологічні й соціальні наслідки. Вони містять токсичні компоненти, зокрема важкі метали, які забруднюють довкілля, а також цінні елементи, такі як літій, кобальт, мідь, графіт, повторне використання яких є економічно вигідним і важливим для скорочення видобутку природних ресурсів [2].

На тлі сучасної кризи ресурсів і екологічних проблем, розробка ефективних технологій утилізації LIB є критично важливою. Ця робота зосереджується на двох перспективних методах: екстракції літію та розділенні з повторним використанням компонентів. У вступній частині буде окреслено значення цієї проблеми, описано стан сучасних технологій та підходи до їх вирішення.

У світі вже існують підприємства, які реалізують інтегровані методи утилізації, але вони часто вимагають значних капіталовкладень, що робить їх складними для застосування в економічно менш розвинених країнах, таких як Україна. Проблема також полягає у недосконалої системи збору батарей, що перешкоджає масштабному впровадженню таких технологій [3].

Ця робота спрямована на аналіз переваг і недоліків зазначених методів, оцінку їх економічної доцільності та екологічного впливу, а також вивчення можливостей інтеграції цих підходів у загальнонаціональні програми утилізації.

Результати дослідження

Утилізація літєвих батарей є великою проблемою сучасного світу. Дані батареї є ключовим компонентом сучасної інфраструктури відновлюваної енергетики, електромобілів і портативної техніки. Їх основні проблеми утилізації включають:

– **небезпека для довкілля та здоров'я**

Викид токсичних речовин, таких як важкі метали та органічні розчинники, може забруднювати воду й ґрунти, викликати хронічні захворювання у людей [4].

– **дефіцит ресурсів**

Літій та кобальт є обмеженими ресурсами. Видобуток цих матеріалів викликає значні екологічні та соціальні проблеми, особливо в країнах із великим видобутком, таких як Чилі та Конго [5].

– **економічні витрати**

Традиційний видобуток нових матеріалів є дорогим і енергоємним порівняно з відновленням із відходів.

Для вирішення цих проблем потрібні інноваційні підходи до утилізації, що дозволять ефективно вилучати цінні матеріали та зменшувати екологічний вплив. Одними з ефективних методів утилізації, які варто розглянути є екстракція літію та повторне використання компонентів.

1. Екстракція літію

Даний процес здійснюється за допомогою хімічних методів, таких як селективне вилуговування кислотами або електрохімічна обробка. Ці методи дозволяють вилучити літій із катодних матеріалів, таких як літій-нікелевий або літій-кобальтовий оксид [6].

Перевагами є:

- високий рівень вилучення літію (до 90%)
- можливість повторного використання в нових батареях
- зменшення залежності від первинного видобутку

Недоліками є:

- високі витрати на хімікати й енергію
- токсичні відходи, що утворюються внаслідок процесу
- вимога складного обладнання

Перспективність для України. Екстракція літію є складною для впровадження через високу вартість обладнання та реагентів. Проте можливе створення регіональних центрів утилізації із залученням міжнародних інвестицій [7].

2. Розділення і повторне використання компонентів

Цей метод полягає у механічному або хімічному відокремленні компонентів батарей, таких як мідь, алюміній, графіт, із подальшим використанням без глибокої переробки.

Перевагами є:

- економічна доцільність, тобто мінімальні витрати на подальшу обробку
- скорочення кількості відходів
- простота інтеграції у локальні підприємства

Недоліками є:

- складність видалення забруднень
- обмеження у використанні компонентів із низькою чистотою
- не дозволяє вилучати рідкісні елементи, такі як кобальт

Перспективність для України. Метод є економічно привабливим і придатним для малих підприємств, оскільки вимагає меншої кількості технологічного обладнання.

3. Інтегровані рішення та інновації

Для підвищення ефективності переробки пропонується поєднання обох методів:

Етап 1 – Механічне розділення: вилучення міді, алюмінію, графіту.

Етап 2 – Хімічна екстракція: вилучення літію та кобальту з активних матеріалів.

Інновації: застосування нових реагентів із меншою токсичністю (біорозчинники) та автоматизованих систем розділення.

Висновки

В результаті дослідження встановлено, що екстракція літію та розділення компонентів є перспективними методами утилізації літієвих батарей, які можуть значно зменшити екологічний вплив і підвищити ефективність використання ресурсів. Також, Екстракція літію дозволяє відновлювати цінний ресурс, проте є затратною і потребує вдосконалення технологій. Розділення компонентів є простішим і доступнішим, але менш ефективним для відновлення літію. Інтеграція цих методів із використанням інновацій може стати основою для створення замкнених циклів переробки в

розвинених країнах та Україні. Отже, рекомендаціями щодо цього є впровадження державних програм підтримки утилізації LIB. Розвиток інфраструктури для збирання відпрацьованих батарей. Залучення інвестицій для створення сучасних центрів переробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rother, C. et al. "Global Lithium Recycling." Journal of Sustainable Energy, 2021.
2. Miedema, A. "Challenges in Lithium Battery Recycling." Energy Policy Review, 2022.
3. Українська асоціація переробників. "Проблеми утилізації літієвих батарей."
4. European Commission. "Environmental Impact of Lithium Batteries." EU Reports, 2020.
5. Cobalt Institute. "Resources for Sustainable Energy." Annual Report, 2021.
6. Deng, W. et al. "Advances in Lithium Extraction Techniques." Materials Science, 2019.
7. Мінекології України. "Програми з переробки відходів." Національний звіт, 2023.

Томчук Михайло Миколайович – студ. групи ТЗД-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mishatom21@gmail.com

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

Mykhailo M. Tomchuk – student, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mishatom21@gmail.com

Vitaliy A. Ishchenko – Ph.D., Docent, Head of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ischenko.v.a@vntu.edu.ua