

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Анотація. Розглянуто сучасні підходи до утилізації акумуляторних батарей електромобілів, проаналізовано екологічні ризики їх накопичення та окреслено перспективні технології переробки. Особливу увагу приділено літій-іонним батареям як домінуючому типу енергетичних накопичувачів у транспортному секторі. Визначено основні виклики та запропоновано напрями вдосконалення системи поводження з відпрацьованими акумуляторами.

Ключові слова: електромобілі, літій-іонні батареї, утилізація, переробка, вторинні ресурси.

Зростання популярності електромобілів у світі є важливим кроком до зменшення викидів парникових газів та залежності від викопного палива. Однак поряд із перевагами виникає нова екологічна проблема – утилізація відпрацьованих акумуляторних батарей. Очікується, що протягом наступних десятиліть обсяги таких відходів суттєво зростуть, що потребує ефективних рішень для їх обробки та повторного використання.

Найбільш поширеними є літій-іонні батареї, які містять такі компоненти, як літій, кобальт, нікель, марганець та графіт. Ці матеріали є цінними, але водночас потенційно небезпечними для довкілля при неналежному поводженні. Термін служби батарей зазвичай становить 8–15 років, після чого їх смість знижується до рівня, непридатного для використання в транспорті.

Неправильна утилізація акумуляторів може призвести до забруднення ґрунтів і вод важкими металами; виділення токсичних речовин; підвищення ризику пожеж і вибухів. Крім того, видобуток первинної сировини для виробництва батарей має значний екологічний слід, що підсилює необхідність вторинної переробки матеріалів.

Існує кілька основних підходів до утилізації акумуляторів:

1. механічна переробка передбачає подрібнення батарей і розділення компонентів. Цей метод є початковим етапом для подальших процесів.

2. пірометалургія здійснюється шляхом плавлення батарей при високих температурах. Дозволяє вилучати метали, але є енергоємною та супроводжується викидами.

3. гідрометалургія базується на використанні хімічних розчинів для вилучення металів. Вважається більш екологічно безпечною та ефективною.

4. Пряме відновлення – це інноваційний метод, що дозволяє зберегти структуру матеріалів катода, зменшуючи витрати енергії та ресурсів.

Акумуляторні батареї електромобілів також можуть повторно використовуватися. Після завершення використання в електромобілях батареї можуть застосовуватись у стаціонарних системах зберігання енергії. Це дозволяє продовжити їх життєвий цикл та зменшити обсяг відходів.

На сьогодні в Україні серед основних проблем та викликів утилізації акумуляторних батарей є: відсутність уніфікованих стандартів утилізації; складність розбирання батарей; економічна нерентабельність деяких технологій; недостатній розвиток інфраструктури збору відходів.

Утилізація акумуляторних батарей електромобілів супроводжується низкою складних проблем, які мають технологічний, економічний та екологічний характер.

Сучасні літій-іонні акумулятори мають багатокомпонентну структуру (катод, анод, електроліт, сепаратори), що ускладнює їх розбирання. Батареї різних виробників відрізняються за формою, хімічним складом і способом збирання. Відсутність стандартизації ускладнює автоматизацію процесів переробки.

Акумулятори містять токсичні та реактивні речовини (літій, кобальт, електроліти). При пошкодженні або неправильному зберіганні можливе витікання шкідливих речовин. Потрапляння цих речовин у ґрунт і воду призводить до тривалого забруднення екосистем.

Результати аналізу світових підходів до утилізації батарей електромобілів свідчать про їхню поступову конвергенцію в таких напрямках: запровадження розширеної відповідальності виробника; розвиток циркулярної економіки; підвищення рівня переробки критичної сировини (матеріалів); впровадження цифрових систем контролю та моніторингу.

Утилізація акумуляторних батарей електромобілів є важливою складовою сталого розвитку транспортної галузі. Ефективне поєднання переробки та повторного використання дозволить мінімізувати екологічні ризики та забезпечити раціональне використання ресурсів. Необхідним є комплексний підхід, що включає технологічні інновації, економічні стимули та нормативне регулювання.

Список використаної літератури

1. Olishevskaya, V. E., Olishevskiy, N. S., & Ivanova, N. P. (2025). Electric Vehicle Batteries: Technical and Environmental Aspects. *Science and Transport Progress*, (2(110)), 35–49. <https://doi.org/10.15802/stp2025/332155>
2. Бажинов О. В., Кравцов М. М. *Небезпека транспортних засобів: монографія*. Харків: ЧП Стариченко Л. А., 2022. С. 51–55.
3. Шуптар-Поривасва, Н. (2020). Перспективи розвитку системи поведінки з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями в Україні. *Mechanism of an Economic Regulation*, (3 (89)), 59–67. <https://doi.org/10.21272/mer.2020.89.05>

Науковий керівник – О. М. Тихенко, д.т.н., проф.