

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЛІТІЙ ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ НА ДОВКІЛЛЯ ПРОТЯГОМ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Божко В.І. здобувач першого (бакалаврського) рівня  
Черпаха А.С. здобувач першого (бакалаврського) рівня  
Харківський автомобільно-дорожній університет  
bochko24@gmail.com*

Літій-йонні акумулятори є ефективними, стабільними та дозволяють зменшити вплив на навколишнє середовище завдяки усуненню викидів із вихлопних труб. Однак, проблема полягає в тому, як боротися зі зростаючою кількістю літій-йонних акумуляторів наприкінці їх життєвого циклу. Нещодавно у звіті галузевих аналітиків зазначалося, що до кінця цього року – 2024 р. – тільки Китай згенерує приблизно 500 000 т. відпрацьованих літій-йонних акумуляторів і до 2030 р., враховуючи зростаючу популярність електромобілів, досягне 2 мільйонів т. літій-йонних відходів на рік.

Фахівці пророкують стабільне зростання ринку літєвих акумуляторів на рівні 13-15 % на рік. До 2050 р. їх кількість подвоїться і буде 2 млн. Якщо хоча б  $\frac{1}{2}$  з них буде електромобілі, то для них знадобиться 9 млн. т Li і 13 млн. т Co. За всю історію людство видобуло менше цих копалин. Для 1 млн. електромобілів необхідно  $\frac{1}{3}$  щорічного світового видобутку Li і  $\frac{1}{6}$  Z. З 70-х р. вартість Co зросла на 2000 %. Li коштує у 2 рази дорожче, а Z – у 4 рази порівняно з 2016 роком. Tesla використовує акумулятори з катодами, виготовленими з Li, Ni, Co, Al, але в них кобальту міститься всього 20 % кількості інших виробників.

На сьогоднішній день у США, Японії та практично всіх країнах Європи переробляється 100 відсотків свинцево-кислотних акумуляторів, процес дозволяє отримати до 98 % матеріалів, придатних для подальшого використання. Такого показника вдалося досягти завдяки досить простій конструкції свинцево-кислотного акумулятора. Технологія переробки літій-

*Збірка матеріалів 86-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету.  
Секція Кафедри ЕКОЛОГІЇ. 11 квітня 2024 року*

іонних АКБ значно складніша, вона заснована на розчиненні, окиснювально-відновлювальних реакціях та поділі матеріалів за рахунок різниці їх магнітних та електростатичних властивостей.

Проблема відходів літій іонних акумуляторів значна і буде рости в міру збільшення попиту на електромобілі. Підраховано, що по закінченню терміну роботи електрокарів, вийде 250 000 т., або півмільйона кубометрів необроблених відходів. Електрифікація всього 2 % нинішнього світового автопарку – це 140 мільйонів автомобілів. Звалище явно не підходить для такої кількості відходів. Пошук способів утилізації електромобілів не тільки дозволить уникнути величезного навантаження на звалища, а й допоможе нам забезпечити поставки важливих матеріалів, таких як кобальт і літій, що, безумовно, є ключем до стійкої автомобільної промисловості.

Екологічні наслідки цього зростаючого попиту на акумулятори є такими:

- перше – це фізична кількість відходів літій-іонних акумуляторних батарей, які можуть потрапити на сміттєзвалища, що потенційно може викинути метали у навколишнє середовище, як нікель, кобальт та манган, які, хоча і не є такими проблематичними, як свинець, все ще вважаються токсичними важкими металами;

- другий акцентує увагу на зростаючому попиті на видобуток ресурсів, необхідних для виготовлення нових літій-іонних батарей, що в свою чергу впливає на навколишнє середовище шляхом вивільнення побічних продуктів видобутку, які сприяють загальному забрудненню; забруднення та виснаження підземних вод; і звичайно, обмежена кількість таких критичних ресурсів акумулятора, як літій;

- по-третє, слід враховувати також соціальні наслідки виробництва нових акумуляторів. Кобальт є важливою складовою літій-іонних акумуляторів, і 50 відсотків світового виробництва кобальту відбувається з Демократичної Республіки Конго, яка пов'язана з порушеннями прав

людини, незаконним видобутком, шкідливою екологічною практикою та збройними конфліктами;

- у четверте, існує величезна різноманітність хімічного складу, форм і конструкцій літій-іонних акумуляторів, що використовуються в електромобілях. Окремі елементи формуються в модулі, які потім збираються в акумуляторні блоки. Для їх ефективної переробки, їх необхідно розібрати і розділити отримані відходи. Попередня обробка використаних акумуляторів може виконуватися роботами, але якщо тип та архітектура батареї чітко позначені. Ручне розбирання є кращим варіантом для отримання чистих матеріалів, але займає більше часу, ніж подрібнення. Існує безліч комбінацій конструкції елементів і блоків, які роблять автоматичне розбирання неможливим;

- відсутність маркування. На відміну від АКБ, літєві пристрої мають різноманітний хімічний склад, наприклад, акумулятори NCA, NMC, LMO, LCO і LFP, можуть мати різну форму (призму, циліндр тощо). Немає глобальних стандартів для маркування, за яких переробники могли б чітко визначити склад пристрою. Тому глобальна асоціація автомобільних інженерів SAE International нещодавно рекомендувала єдину певну схему маркування;

- при виробництві літій-іонних акумуляторів використовують розчин бромистого літію його солі негативно впливають на центральну нервову систему людини;

- при виробництві одного з найпрогресивніших підвидів літій-іонних акумуляторів –Літій-Нікель-Марганець-Кобальт Оксид використовуються токсичні метали кобальт та нікель. Через необхідність роботи з кобальтом виробництво літій-іонних акумуляторів виявляється вдвічі шкідливішим для зайнятих у ньому людей, ніж виробництво будь-яких інших батарей;

- найбільшу небезпеку здоров'ю людей становить процес вилучення матеріалів, зокрема сульфату кобальту і солей літію (до 28 %) літію

перетворюється на відходи). На даний момент відновлення літію прибутковим не є – але він становить лише 2 % від ваги акумулятора;

- електроенергія, що використовується для зарядки, виходить з вугільних, газових ТЕС і не є «зеленою»;

- в середньому при виробництві одного електромобіля виділяється вдвічі більше CO<sub>2</sub>, ніж при виробництві дизельної машини. Основною причиною є акумулятор, який відповідає за 40-60 % усіх викидів.

Крім літію, ці батареї містять ряд інших цінних металів, таких як кобальт, нікель і манган, необхідно вилучити ці складові для повторного використання.

Наприклад, кобальт є звичайним матеріалом для акумуляторів, який при видобутку є енергоємним і завдає шкоди навколишньому середовищу. Заміна кобальту нікелем може полегшити негативний вплив з точки зору видобутку. Однак «присутність кобальту, навіть у відносно невеликих кількостях, у катоді батареї призводить до набагато менш окисного середовища для інших компонентів, подовжуючи термін служби батареї та збільшуючи можливості вторинного використання та переробки матеріалів.

Чотири важливі елементи для виробництва акумуляторів такі:

- марганець – чорний дешевий метал. Щорічно видобувається понад 10 млн т по всіх континентах;

- кобальт – дуже дорогий метал – \$64 за кг, найдорожча складова акумуляторних батарей. Половина зі 120 000 т, що видобуваються щорічно у всьому світі, експортується з Конго, однієї з найбільш бідніших країн світу з використанням дитячої праці;

- літій – вартість \$14 за кг. Світове щорічне виробництво – 35 000 т. Основний експортер літію – Китай;

- нікель – недорогий метал із родовищами по всьому світу. Щорічно виробляється 1,3 млн. т нікелю. За розрахунками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), якщо людство піде шляхом виконання

рішень Паризької угоди щодо клімату, то до 2030 року на землі буде вже 140 млн. електричних машин. Таке зростання призведе до того, що до 2030 р. електромобілі «вироблять» 11 млн. т. відходів використаних літій-іонних батарей, а технологія вилучення літію зі старих акумуляторів не працюватиме ще як мінімум десять років. Сьогодні частка їхньої утилізації – лише 5 %!

Витрати на кобальт – і зв'язок із експлуатацією дитячої праці – призвели до того, що цей матеріал «традиційно вважається небажаним для недорогих батарей, необхідних для екологічного електрифікованого майбутнього.

Сьогодні дуже складно знайти надійні і точні цифри по переробці літій-іонних акумуляторів. У кількох статтях і дослідницьких статтях згадується, що глобальний рівень утилізації становить від 2 до 7 %. У більшості країн проблема просто експортується, тому що сьогодні можливості вторинної переробки дуже обмежені і технологій готових немає. На жаль, галузеві експерти заявили, що навряд чи ми знайдемо екологічно свідоме чи економічне рішення щодо зберігання енергії ще протягом двох десятиліть, в значній мірі через те, що вдосконалення технології зберігання енергії зазвичай вимагають тривалий час розвитку від концепції до повномасштабного виробництва.

*Науковий керівник – к.х.н., доц.. Позднякова О.І.*