

УДК 504.064.4

КРИЗА ЛІТІЄВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Катенін В.Д., Василенко А.О., Гринь С.О.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Стаття присвячена аналізу кризи літєвих акумуляторів. У роботі розглянуті основні проблеми переробки використаних акумуляторів. Приведені данні стосовно світового використання літію. У статті наводяться інформація про основні країни видобутку літію. В продовженні цієї теми, розкриті проблеми, пов'язані з видобутком металу. Наведені приклади альтернативи літєвим акумуляторам. Зроблено виводи щодо можливості подолання кризи літєвих акумуляторів.

Ключові слова: літєвий акумулятор, електромобіль, переробка, видобування, девайс, споживання.

Постановка проблеми. Кожного року у світі продася декілька мільярдів автономних, бездротових приладів. У 2018 році, найпопулярнішим джерелом живлення таких пристроїв являється акумулятор, головним компонентом якого є літій. Останнім часом, до майже незліченної кипи мобільних девайсів з літєвими батарейками, приєднались електромобілі. Одна з цих автівок, у середньому, потребує 7 кг літію, а це в 100 разів більше, ніж потрібно акумулятору ноутбука і в 10000 разів, ніж смартфон. Саме тому, із зростанням попиту на цей метал, виникає цілий ряд загроз навколишньому природному середовищу, пов'язаних одразу з видобутком сировини та утилізацією використаних батарейок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не дивно, що разом з інтенсивним зростанням попиту на літій, майже пропорційно, зросла актуальність питання можливої кризи, пов'язаної з нестачею цього металу, що може призвести до розробки нових копалин. Також, зростання попиту на пряму пов'язано із збільшенням кількості нових пристроїв, які, рано чи пізно, будуть підлягати утилізації. Найчастіше, це питання розглядається в працях зарубіжних вчених, аналітиків та журналістів, зокрема: Дидьє Жюльєн (Didier Julianne), Джої Гардинер (Joey Gardiner), Генрі Сандерсон (Henry Sanderson), Джейсон Дейг (Jason Deigh), В.В. Міклушевський та багатьох інших.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на гостроту даного питання, кількість робіт, пов'язаних з ним, є недостатньою. Зокрема, майже відсутня увага українських вчених до можливості цієї кризи. Також, гострота кризи, що наближається, разом з пошуком альтернативи сучасним акумуляторам потребує набагато більш глибокого вивчення.

Мета статті. У ході даної роботи, нами були поставлені наступні цілі:

1. Висвітлити питання можливої кризи, пов'язаної з різким збільшенням попиту на літій.
2. Розглянути питання утилізації літєвих акумуляторів.
3. Запропонувати альтернативу сучасним літєвим акумуляторам.

Виклад основного матеріалу. Літій (Li) – найбільш легкий метал, що належить до групи лужних металів; третій у періодичній системі хімічних елементів. При виготовленні хімічних джерел струму, він використовується у вигляді

ді металізованого літію або літєвого з'єднання з іншими елементами. Літій є досить поширеним на планеті елементом, але, в той же час, рідкісним. Така невідповідність обґрунтовується тим, що велика частина літію, що існує на планеті, не підлягає видобутку доступними для людини способами.

Щороку, у світі продаються сотні мільйонів мобільних пристроїв. Наприклад, у 2017 році було продано майже 1,5 млрд смартфонів, кожен з яких, насамперед, потребує наявності джерела живлення – акумулятора. Але сьогодні, не тільки смартфони та близькі до них смарт-девайси, такі як ноутбуки, планшети та цифрові камери живляться від літєвих батарейок. Все більше залезних від розетки приладів «втрачають» дрого. Вже зараз, нікого не здивувати бездротовим пилососом, а то й невеликим роботом, який прибирає квартиру абсолютно автономно.

Не варто забувати і про цілий ряд нових пристроїв, які, за останні декілька років, міцно увійшли у наш побут: розумні годинники та браслети, портативні спікери, та безліч менш популярних приладів. Також, останнім часом, стався справжній бум портативного електричного транспорту: гіроскутери, електричні самокати, сігвеї і цей список можна продовжувати.

На презентації Tesla Model 3, у березні 2016 року, Ілон Маск зробив нескромну заяву: «Щоб робити 500 тисяч електромобілів в рік, нам доведеться закупити увесь літій у світі».

І останнє, але не за значенням – електромобілі. У 2017 році електромобілі нараховували менш ніж 1% глобального ринку автомобілей, але, у той самий час, на виробництво їх акумуляторів було використано майже 25% усього літію, що було видобуто у 2016 році. Зважаючи на це, саме електромобілі наблизили людство до неминучої літєвої кризи.

Останнім часом, електромобілі подаються як беззаперечна альтернативна бензиновим та дизельними аналогам, але, мало хто говорить про екологічні проблеми, пов'язані з виготовленням та утилізацією півтонних літій-іонних батарейок.

Британські та французькі уряди, нещодавно, зобов'язались заборонити продаж бензинових і дизельних автомобілів до 2040 року, а авто-виробник Volvo пообіцяв продавати лише електричні або гібридні автомобілі з 2019 року.

Минулого року, кількість електромобілів у світі склала 2 мільйони, а за оцінками Міжна-

родного Енергетичного Агентства, до 2030 року у світі буде 140 мільйонів електромобілів, якщо країни досягнуть мети паризької кліматичної угоди. Цей електричний бум автомобілів може залишити 11 мільйонів тон використаних літій-іонних батарей.

Сьогодні, в Європейському Союзі лише 5% літій-іонних батарей переробляються, а це наносить істотну шкоду навколишньому природному середовищу. Батареї не лише містять токсичні гази, але й основні складові, такі як літій та кобальт. Вони можуть призвести до забруднення води, земель, що, в свою чергу, призводить до серйозного негативного впливу на довкілля та здоров'я людини [1].

Проте, є підстави для оптимізму. До теперішнього часу, низькі показники переробки літій-іонних батарей можна пояснити тим, що більшість із них містяться в побутовій електроніці, яка, зазвичай, забута в ящику або завалена на смітник.

Але, батареї електричних авто значно відрізняються від акумуляторів мобільних девайсів, в першу чергу, розміром. Саме тому, питання їх утилізації стоїть набагато гостріше. Багато експертів сходяться на тому, що саме виробники автомобілів мають нести відповідальність за збір і переробку витрачених літій-іонних батарей.

Регламенти ЄС, згідно з якими виробники акумуляторів зобов'язані фінансувати витрати на збір, обробку та утилізацію всіх накопичених акумуляторів, вже заохочують зв'язки між автовиробниками та рециркуляторами. Наприклад, компанія Umicore, яка інвестувала 25 мільйонів євро (22,6 мільйони фунтів) на промисловий пілотний завод у Антверпені для переробки літій-іонних батарей, має у Європі домовленості з такими виробниками, як з Tesla та Toyota для виплавки дорогоцінних металів, таких як кобальт і нікель.

На жаль, навіть переробні заводи на вирішують проблеми. Не зважаючи на те, що комбінати з виплавки можуть легко відновлювати багато металів, вони не можуть безпосередньо відновити чистий літій, який потрапляє у змішаний побічний продукт. Комбінати можуть повернути літій з побічного продукту, але кожен додатковий процес додає витрати.

Це означає, що в той час, як електричні батареї автомобіля можуть бути прийняті до рециркуляції, немає гарантії, що це буде економічно вигідно. Основна проблема полягає в тому, що витрати на повну переробку акумулятора знижуються до 1 євро за кілограм, вартість сировини, яку можна відновити, складає лише третину від цього.

Світовий досвід промислового виробництва літійових акумуляторів показує, що питання утилізації доцільно вирішувати вже на стадії розробки виробів. Це дозволить приймати конструктивні і технологічні рішення, що дозволяють найбільш ефективно переробляти вироби після завершення їх життєвого циклу. Проблема накопичення літійових батарей, що відпрацювали свій ресурс, вимагає кардинального рішення, так як відсутність технологій утилізації є одним з факторів, що стримують широке застосування даних виробів. Основні напрямки вирішення екологіч-

них проблем літійових хімічних джерел струму пов'язані із знешкодженням реакторної частини, що відпрацювала свій ресурс (літій та його сполуки, розчин електроліту, катодні матеріали) з витяганням і подальшою утилізацією (вторинним використанням) корисних компонентів.

Окрім проблеми переробки літійових акумуляторів, особливої уваги потребує і проблема надшвидкого зростання споживання. Щороку збільшується видобування металу, яке спричиняє серйозне навантаження на навколишнє природне середовище [2; 3].

Наприклад, тільки зусиллями двох світових промислових гігантів – чилійського SQM і американського Albemarle – щорічний обсяг виробленого літію збільшиться до 2025 року на 200 000 тон. За оцінками експертів, з 2019 по 2025 рік видобуток цього металу зросте на третину: з 2,9 до 3,9 мільйона тон.

На сьогоднішній день, понад 90% літію добувається у 3 країнах: найбільше добувається в Австралії, на другому місці Чилі і на третьому Аргентина.

Уряд Чилі вживає заходів для захисту водних ресурсів країни, які використовуються під час видобутку корисних копалин. Але, протягом багатьох років, чилійський уряд затверджував права на видобуток води, і це було зроблено з недостатньою увагою до впливу видобутку на навколишнє середовище. Гірничі компанії мали право безконтрольно використовувати води в солончаку Салар-де-Атакама. Салар знаходиться у самій сухій пустелі світу, а вода, що знаходиться у солончаку використовується на найбільшій у світі шахті з видобутку міді.

Шахта, також, містить більше третини розроблених запасів літію у світі. Літій можна видобути з води у шахтах. Однак, попит на воду у регіоні зріс настільки, що чилійський уряд намагається обмежити її використання.

Уряд готується створити резерв питної води біля операцій провідних виробників літію SQM та Albemarle. Цей крок дозволить уряду продовжувати обмежувати використання води. Але SQM і Albemarle стверджують, що мають усі необхідні права на воду і не очікують нових обмежень, що вплине на їх поточне або майбутнє виробництво літію. Однак, існує велика кількість конкурентів, що намагаються використовувати воду, яка необхідна для видобутку літію [4; 5].

Проте, не тільки перелічені країни мають родовища затребуваного металу, у Болівії, за ствердженням багатьох експертів, існує пустеля багата на родовища літію, запаси якого нараховують до 70% світових. Постачання сировини, необхідного для розвитку електричного транспорту, допоможе зменшити залежність від викопного палива та може забезпечити настільки необхідне економічне благо для однієї з найбільш розвинутих країн Південної Америки. Але, з іншого боку, є занепокоєння з приводу впливу процесу видобутку на тендітну екосистему пустелі. Видобуток може означати значне збільшення забруднення регіону, проблеми з подачею води та пошкодження важливої для туризму природної краси.

Не зважаючи на екологічні загрози, президент Болівії Ево Моралес обіцяв розвивати літійову промисловість країни в рамках своєї пе-

редвиборчої кампанії 2009 року. З тих пір, він зробив ряд зобов'язань – вкласти загальну суму у 995 мільйонів доларів до 2019 року.

Такі компанії, як Tesla, дуже щільно розглядають можливість найскорішого видобутку ресурсу, хоча і Моралес був менш зацікавлений у залученні міжнародних компаній. Він наклав жорсткі вимоги щодо іноземних інвестицій, вимагаючи, щоб уряд Болівії слугував рівноправним партнером у будь-якій розробці проекту та виготовленні виробів з добутого літію [6].

Французький дослідник Вільям Тейл в дослідженні 2008 року виявив, що на планеті було виявлено 3,9 млн. Тон відновлювальних літєвих родовищ. Через рік консультанти Джері Кларк та Пітер Харбін встановили ще одне дослідження, згідно якому, кількість літію перевищує цю суму в 10 разів. З тих пір проведено кілька досліджень, всі з різними результатами.

Точно не відомо скільки літію існує на Землі. Зовсім нещодавно, у 2015 році, було оцінено, що на планеті достатньо літєвих резервів для підтримки світового виробництва протягом 365 років. Проте, це було тоді, коли виробництво дорівнювало 37000 тон літію на рік.

Компанія Greentech Media оцінила, що до 2040 року світ зможе побачити більше 100 фабрик за розмірами Тесли, яка може виробляти 500 тисяч автомобілів на рік, щоб задовольнити потребу в електричних транспортних засобах, що невпинно зростає. За цих умов, на основі показників 2015 року, 365-річні запаси будуть використані протягом 17 років [4; 6].

Великі компанії та держави, які усвідомлюють загрозу нестачі літію і рідкоземельних металів, роблять більш-менш успішні спроби переходу на альтернативні джерела енергії. Наприклад, в Китаї вже щосили використовують автобуси на залізних катодах, але, їх ефективність далека від звичних літєвих батарей. Наведемо декілька перспективних розробок.

Водневі паливні елементи. Найбільшу зацікавленість у розвитку такої технології проявляє Toyota. Прагнення японської компанії обумовлені тим, що водень не дає ніяких шкідливих викидів, володіє найвищим ККД та ідеально підходить для інтеграції в автомобілі (з конструктивної точки зору). Проблема в тому, що виробництво чистої водню не обходиться без викопного палива, що забруднює навколишнє середовище.

Літєво-сірчані акумулятори. Їх не можна назвати розробкою далекого майбутнього, оскільки

перші батареї Li-S повинні з'явитися протягом найближчих чотирьох років. Sony працює над технологією і стверджує, що нові АКБ матимуть на 40% більш високу щільність енергії, ніж сучасні. Проблема літєво-сірчанних акумуляторів криється в електродах, які швидко деградують, що унеможливорює їх застосування в комерційних пристроях. Іншою проблемою є те, що, з екологічної точки зору, ці акумулятори здійснюють майже той самий вплив на оточуюче середовище, що й звичайні Li-і акумулятори.

Графенові суперконденсатори. Суперконденсатори можуть набагато ефективніше заряджати і утримувати енергію. Освоєння даної технології, дозволяє значно поліпшити щільність зберігання енергії – за рахунок малої ваги графена. На жаль, опанування цієї технології – занадто складне, і ще не відомо, коли відбудуться значні просування.

Дороги з бездротовою зарядкою. Прототипи таких трас уже існують, але мають мало спільного з кінцевою задумкою. Вони лише демонструють концепцію правильного шляху розвитку транспортних засобів. Ідея в тому, щоб джерелом енергії автомобілю була сама дорога. Технічно, необхідно позбавити всі автомобілі акумуляторів і бензобаків, безперервно підживлюючи їх заряд енергією за допомогою бездротових зарядок, розміщених під дорожнім полотном.

Видобуток літію з морської води. Цей шлях може забезпечити світ літєм і знизити ціни на нього. Суть полягає в наступному: через субнанометрові пори в металоорганічні конструкції пропускається морська вода. На виході, завдяки здатності мембран утримувати іони Li, отримуємо опріснену воду і чистий літій. Але, не зважаючи на економічну перспективу, цей спосіб може завдавати значної шкоди водному басейну та навколишньому середовищу в цілому [1; 7].

Висновки і пропозиції. Сьогодні, проблема літєвої кризи близька, як ніколи. Надшвидкі темпи розвитку мобільних технологій та електричного транспорту ставлять нові виклики перед людством, адже, екологічні проблеми, пов'язані із видобутком літію та переробкою старих акумуляторів, потребують найшвидшого вирішення. Зараз, найефективнішим способом покращення ситуації є державне регулювання, а саме, економічне стимулювання збиткової переробки акумуляторів та обмежувальні заходи щодо видобутку нових ресурсів. Також, не варто забувати про інвестиції у перспективні розробки, а саме, альтернативні види палив та нові типи акумуляторів.

Список літератури:

1. The rise of electric cars could leave us with a big battery waste problem [Electronic data]. – Mode of access: World Wide Web: theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/10/electric-cars-big-battery-waste-problem-lithium-recycling.
2. Маляренко В.А. Енергетика і навколишнє середовище: навч. посібник / Маляренко В.А. – К.: Сора, – 2008. – 364 с.
3. Kwade A. Recycling of Lithium-Ion Batteries: The LithoRec Way / A. Kwade, J. Diekmann – Springer, 2018. – 288 p.
4. Micah T. DIY Lithium Batteries: How to Build Your Own Battery Packs / T. Micah. – Toll Publishing, 2017. – 136 p.
5. Миклушевский В.В. Утилизация литиевых химических источников тока / В.В. Миклушевский // Экология и промышленность России. – 2002. – № 12. – С. 24-26.
6. Electric car boom fuels interest in Bolivia's fragile salt flats [Electronic data]. – Mode of access: World Wide Web: theguardian.com/sustainable-business/2017/jan/17/white-gold-companies-search-lithium-bolivia.
7. Harpen P.W. The global lithium Industry – A portrait of rapid flux / P.W. Harpen, J.H. Edwards // JOM. – 1997. – Vol. 49. – P. 781-786.

Катенин В.Д., Василенко А.А., Гринь С.А.

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

КРИЗИС ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Аннотация

Статья посвящена анализу кризиса литиевых аккумуляторов. В работе рассмотрены основные проблемы переработки использованных аккумуляторов. Приведены данные относительно мирового потребления лития. В статье приводится информация об основных странах добычи лития. В продолжении этой темы, раскрыты проблемы, связанные с добычей металла. Приведенные примеры альтернативы литиевым аккумуляторам. Сделаны выводы о возможности преодоления кризиса литиевых аккумуляторов.

Ключевые слова: литиевый аккумулятор, электромобиль, переработка, добыча, девайс, потребление.

Katenin V.D., Vasilenko A.O., Grin S.O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

LITHIUM BATTERIES CRISIS

Summary

The article is devoted to the lithium batteries crisis analysis. The paper considers the main problems of used batteries recycling. Data on the world use of lithium are given. The article provides information on the main countries-producers of lithium. In the continuation of this topic, the problems associated with the extraction of metal are disclosed. Examples of alternatives to lithium batteries are given. Conclusions are made on the possibility of lithium batteries crisis overcoming.

Keywords: lithium battery, electric car, processing, extraction, device, consumption.