

ФОРМУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ: СВІТОВА ПРАКТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

FORMATION OF THE VALUE CHAINS OF LITHIUM-ION BATTERY PRODUCTION: WORLD PRACTICE AND PERSPECTIVES FOR UKRAINE

У статті досліджено економічні та географічні аспекти формування ланцюгів доданої вартості та основні етапи виробництва літій-іонних батарей. Досліджено структуру витрат виробництва акумуляторів, а також електромобілів, виявлено роль літію як критичного ресурсу. Визначено основні закономірності формування доданої вартості при русі уздовж ланцюга доданої вартості, які зокрема полягають у скороченні доданої вартості при переході від однієї ланки до іншої на вищих етапах виробництва літій-іонних батарей, поступовому зниженні витрат на виробництво акумуляторів у світі та подальшому їх скороченні до 2032 року, загрозі потрапляння країни у сировинну пастку, коли країна зосереджується на видобутку і первинній переробці, що унеможливило подальше нарощування доданої вартості в галузі. Визначено умови та представлено рекомендації щодо перспектив інтеграції України в глобальні ланцюги доданої вартості літійової галузі.

Ключові слова: літійова галузь, літій-іонний акумулятор, виробничі витрати, інтеграція у глобальні ланцюги доданої вартості, додана вартість.

The article examines the economic and geographical aspects of the formation and the main stages of the value-added chains for lithium-ion batteries production. The purpose of the study is to identify the features of the value-added chain development, considering the methods of lithium extraction worldwide, as well as the development of recommendations for the lithium extraction and processing deployment in Ukraine. The eight stages of lithium transformation into lithium-ion batteries were analyzed and the technological specificity of each phase was defined. It was also determined that processing of lithium ores – spodumene or petalite – is the costliest stage of production, which explains the high cost of cathodes produced on the next step. The cost structure of the production of batteries and electric vehicles was studied, and it was revealed that the lithium-ion batteries contribute significantly to the added value of electric mobiles. The main patterns of the formation of added value along the value-added chain are determined, which in particular lie in the reduction of added value during the transition from one link to another at the higher stages of the production of lithium-ion batteries, the gradual reduction of battery production costs in the world and their further reduction until 2032 year, the threat of the country falling into a raw material trap, when trade and industrial policies focus on extraction and primary processing, which makes it impossible to further increase the added value in the industry. Also, the technological advances to reduce production costs and environmental impact becomes a leading trend among big production corporations. The conditions and recommendations for the Ukraine's integration into the global value chains of the lithium industry were presented. They include stimulation of research and development in lithium mining technology from petalite, assignment of an institutional body to coordinate investments in the lithium industry and to establish strategic partnerships; promotion of sustainability along the lithium-ion battery value chain; and integration into the European Union e-mobile production, as well as an internal market of electric vehicles development.

Key words: lithium industry, lithium-ion battery, production costs, integration to the global value chains, added value.

УДК 338.45:673:330.143.2

DOI: <https://doi.org/10.32782/infrastruct80-8>

Ципліцька О.О.

д.е.н., доцент,
старший науковий співробітник відділу
промислової політики,
Державна установа «Інститут економіки
та прогнозування
Національної академії наук України»

Tsyplitska Olena

State Organization "Institute for
Economics and Forecasting
of the National Academy of Sciences
of Ukraine"

Постановка проблеми. Економічне відновлення України від наслідків повномасштабного вторгнення вимагає повноцінного використання природо-ресурсного потенціалу та розвиток переробних виробництв. В Україні наявні поклади літію, який вважається «золотом» XXI століття, адже він лежить в основі стратегічної продукції – літій-іонних акумуляторів [1], без яких глибоко інтегровані у повсякденне людське життя технології не можуть працювати.

Світова літійова промисловість залучена до різноманітних ланцюгів доданої вартості товарів та послуг: окрім літій-іонних батарей, літійові сполуки також використовуються у металургії, виробництві кераміки, скла і покриття порцелянових виробів, виготовленні мастильних матеріалів, ядерній енергетиці, текстильній промисловості (вибілювання тканин), харчовій (консервація), фармацевтичній (косметика), медицині (препарати літію), виготовленні протигазів тощо.

Світові виробники електромобілів та іншої техніки, в якій використовуються літій-іонні акумулятори, потребують надійних довгострокових поставок літію. Тому в районах, де знаходяться поклади літійових руд, можна розвивати виробництва з більшою доданою вартістю таким чином створюючи можливості для місцевого розвитку, продуктивної зайнятості та інфраструктури. В Україні це можливо буде зробити після припинення бойових дій та деокупації територій на сході країни для безпечного дослідження і розроблення покладів літійових руд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню сутності доданої вартості у промисловості, формуванню ланцюгів її створення присвячені роботи таких науковців як Н.Ю. Брюховецька та О.В. Черних [2], І.А. Кравчук [3], І. Гурняк, О.І. Дацко та О.І. Яремчук [4], Ю.В. Конрад та Т.М. Мельник [5], О.М. Світовий [6], А. Грант, Е. Херш, К. Беррі [7], С. Ібарра-Гутьєррез,

Дж. Бушар, М. Лафлам, К. Фітас [8]. Свій внесок в аналіз економічних і технологічних аспектів формування доданої вартості літєвої галузі зробили такі вітчизняні та зарубіжні вчені як В.О. Сьомка [1], К. Шень, П. Словік та А. Біч [9], С. Саттисон [10] та інші.

Водночас, концептуалізація проектів із видобування та поглибленої переробки літію в Україні вимагає узагальнення світової практики та розроблення рекомендацій щодо інтеграції країни до глобальних ланцюгів доданої вартості виробництва літій-іонних батарей як критичної продукції на сучасному етапі технологічного розвитку.

Постановка завдання. Метою дослідження є виявлення особливостей формування ланцюга доданої вартості виробництва літій-іонних батарей із врахуванням способів видобування літію у світі, а також розроблення рекомендацій щодо розвитку видобутку та переробки літію в Україні.

Вклад основного матеріалу дослідження. Сутність і зміст доданої вартості, що формується в процесі виробництва та уздовж ланок виробничо-збутових ланцюгів, розглядається як статистичний показник створеної вартості на кожному етапі виробництва на національному та регіональному рівнях. Тут він розуміється як валова додана вартість, яка являє собою суму первинних доходів, одержаних у результаті участі в процесі виробництва: оплати праці найманих працівників, інших податків за виключенням інших субсидій, пов'язаних з виробництвом, та валового прибутку,

змішаного доходу [11, с. 11]. При цьому виокремлюється також показник чистої доданої вартості, що представляє різницю валової доданої вартості та амортизаційних відрахувань (споживання основного капіталу). На рівні суб'єктів господарювання додана вартість – це вартість, створена протягом певного періоду безпосередньо суб'єктом господарювання, або різниця між вартістю продукції підприємства та вартістю придбаних для її виробництва ресурсів. А сума цих вартостей за видами економічної діяльності дає величину ВВП [6, с.16]. Таким чином, увагу доцільно зосередити на зміні величини таких складових доданої вартості як рента, амортизація, зарплата та прибуток на кожному наступному етапі літєвого виробництва.

Роль літію як стратегічного ресурсу можна побачити із структури використання мінеральних ресурсів для виготовлення електромобіля (рис. 1). Фактично частка літію серед мінералів становить близько 5%, що робить його критичним матеріалом. А акумуляторні елементи становлять близько 40% доданої вартості у виробництві електромобіля, що демонструє високу цінність цього комплектуючого елемента для виробництва кінцевої продукції.

У зв'язку з цим, поки дана технологія домінує в світі, створюються можливості для збільшення видобутку літію в світі, зокрема перспективи для розробки покладів літєвих руд в Україні.

Наразі світова структура торгівлі і ланцюги постачань від літєвої сировини до електромобілів представлені такими країнами (рис. 2).

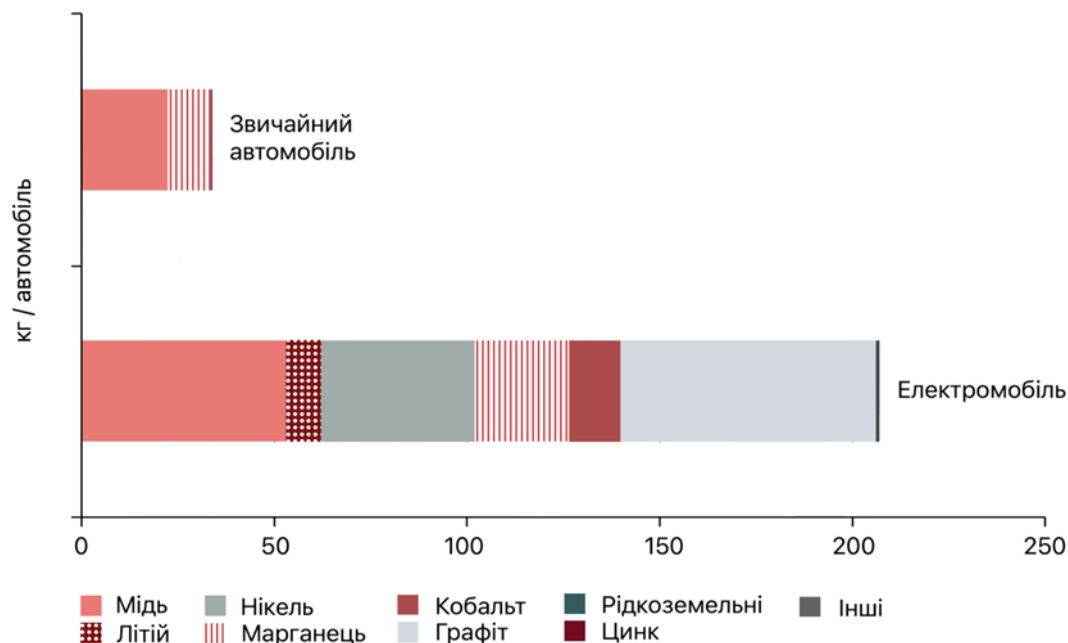


Рис. 1. Кількість мінералів, що використовуються в обраних технологіях чистої енергії

Джерело: [12]

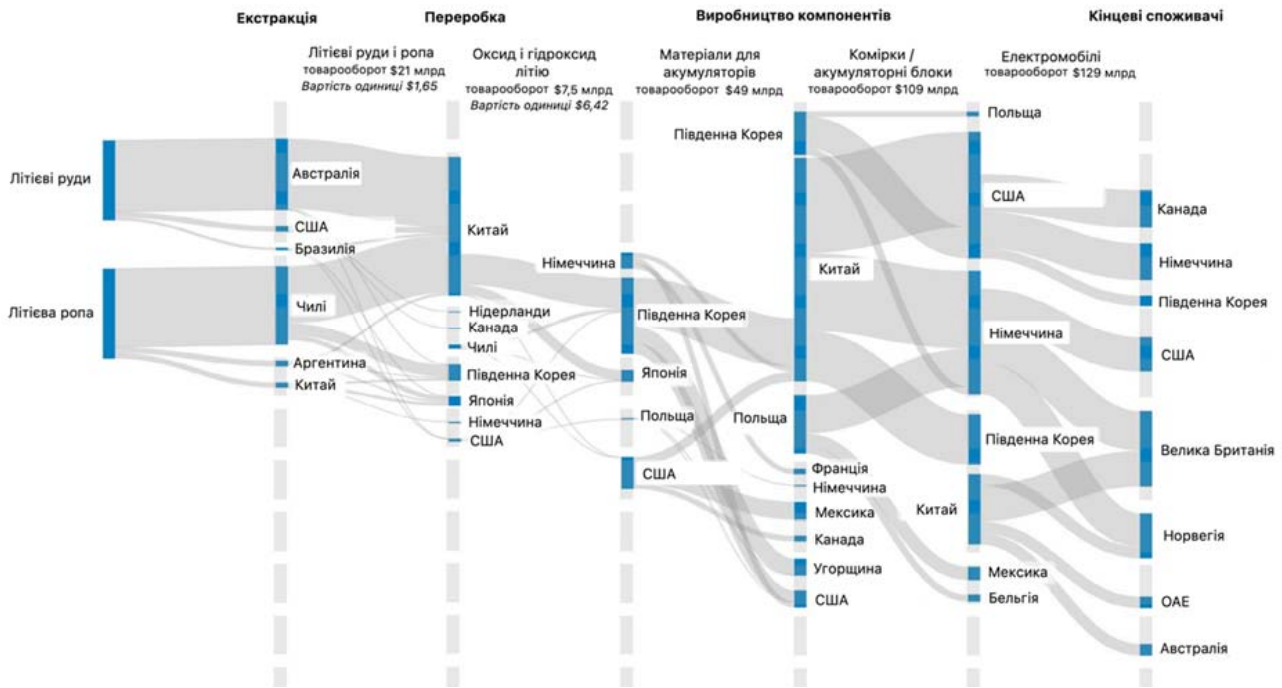


Рис. 2. Торговля літєм по ланцюгу доданої вартості електромобілів, 2022 р.

Джерело: [13]

З рис. 2 можна побачити, що Чилі і Австралія як країни, що займаються видобутком та екстракцією найбільшої кількості літію в світі, зосередили на своїх територіях низькотехнологічні і найбільш шкідливі для довкілля виробничі процеси, не розвиваючи наступні технологічні переділи, і таким чином знижуючи додану вартість, яка створюється в літєвій галузі цих країн. При цьому на ринку комплектуючих та батарей домінують Китай (56%), Південна Корея (26%) та Японія (10%).

З чотирьох ключових стадій – екстракція, переробка, виробництво компонентів, кінцеве споживання, можна виокремити вісім технологічних етапів перетворення літію в літій-іонні батареї.

1. Видобуток літєвої та іншої сировини. Літій видобувається з літєвої ропи (поширена в Південній Америці, зокрема у Чилі та Аргентині) або сподумену (видобувається в Австралії) чи петаліту (поклади якого переважають в Україні). Також необхідні інші матеріали, представлені на рис. 1. Процес також передбачає очищення сировинних матеріалів.

2. Переробка матеріалів та хімічне виробництво: очищена літєва сировина завдяки хімічним реакціям перетворюється на карбонат або гідроксид літію. Природний графіт очищується або синтезується штучний графіт. Результатом етапу є отримання хімічних речовин для виготовлення комірок та порошоків. Цей етап є одним з найдорожчих по всьому ланцюгу. В результаті продукти, що отримуються на наступному

етапі, – катоди, стають одним з найдорожчих компонентів акумуляторів.

3. Виробництво комірок. На цьому етапі використовуються такі компоненти, як електроди (анооди, які виготовляються з графіту, та катоди, які виготовляються з оксидів літію); електроліти (розчинені солі літію) та розділювач (матеріал, який запобігає безпосередньому контакту анода і катода). Електроди виготовляються шляхом спеціального покриття, висушування та нарізання. Збірка комірок здійснюється укладкою або намотуванням електродів, додаванням електроліту з подальшою герметизацією. Формування комірок здійснюється початковим зарядженням та циклюванням комірок для хімічної стабілізації.

4. Збирання акумуляторних модулів та блоків. Для створення модулів використовуються комірки, вироблені на попередньому етапі. Для електромобіля, наприклад, потрібно 400–800 вольт, а одна комірка зазвичай має напругу 3–4 вольт, тобто повноцінний акумуляторний блок вимагає 150–200 комірок. Також в архітектуру модуля включені системи управління акумулятором (BMS – Battery Management System) та управління температурою. Залежно від напрямку використання акумулятора модуль може містити й інші компоненти.

5. Контроль якості та тестування включають перевірку ефективності та безпечності використання акумулятора. Включає циклічне тестування (багаторазове зарядження і розрядження

приладу) та перевірку на відповідність стандартам безпеки.

6. Дистрибуція та логістика. Цей етап включає пакування акумуляторів, транспортування та управління запасами.

7. Інтеграція в кінцевий продукт. Отримані акумулятори являють собою джерело живлення електричних транспортних засобів, споживчої електроніки (смартфонів, ноутбуків, побутової техніки), систем збереження енергії.

8. Переробка та утилізація. Враховуючи негативний вплив відпрацьованих батарей на довкілля, у світі використовуються технології з вилучення та повторного використання цінних елементів – літію, кобальту та нікелю. Матеріали, які неможливо повторно використати, піддаються захороненню або утилізації. Для рециклінгу використовуються гідрометалургійні або пірометалургійні процеси.

Глобальною метою серед виробників є зменшення вартості та підвищення експлуатаційних і енергетичних характеристик батарей. З 2010 р. вартість акумулятора скоротилася майже у 9 разів за 1 кВт*год – з 1200 дол. США [14] до 139 дол. США у 2023 р. і продовжуватиме знижуватися до 80 дол. США до 2030 року [15]. З точки зору матеріалів акумуляторів, відбувся глобальний перехід від катодів, що використовують оксиди нікелю, марганцю та кобальту (NMC) до літій-залізо-фосфатних катодів (LFP), що призвело до зниження загальних витрат на матеріали [10]. Комбінація конструкцій комірки та акумуляторного блоку, що включає з-поміж іншого вдосконалення форми та розмірів комірок – від циліндричних і пакетних до призматичних, також сприяє зменшенню маси неактивних матеріалів, що знижує витрати та збільшує питому енергію. Іншими факторами є навчання, інновації та ефект масштабу – збільшення розміру заводів і створення вертикально інтегрованих ланцюгів доданої вартості зменшують витрати на кіловат-годину для виробництва, накладні витрати, відходи брухту, витрати на продаж і загальне управління, дослідження і розробки, гарантійне обслуговування. Таке скорочення вартості відбувається за рахунок удосконалення технологій та автоматизації виробництва.

Ці тенденції узгоджуються з іншими незалежними моделями витрат на акумулятори та оголошеннями автовиробників. Goldman Sachs [16] оцінює, що до 2025 року сукупні витрати на виробництво, експлуатацію, комерційні та адміністративні витрати та інші нематеріальні витрати, як і розмір прибутку можуть знизитися до 26–30 доларів США за кВт-год залежно від технології. General Motors прогнозує зниження витрат на комірки нижче 70 доларів США/кВт-год завдяки «вдосконаленим структурам транспортних засобів, масштабу об'єму комірок Ultium, оптимізації ланцюга постачання та можливості повторного використання»

[17]. Багато стратегій зниження витрат полягають у зміні хімії катодів і анодів та зниженні витрат на вихідні матеріали акумуляторів, наприклад, удосконалення дизайну комірок.

Фактично при неможливості надто скоротити матеріальні витрати мова йде про їх оптимізацію, а також про підвищення енергоефективності технологічних процесів на кожному етапі виробництва. При цьому витрати на оплату праці є доволі високими, оскільки виробництво є високотехнологічним та вимагає інженерних кадрів за різними спрямуваннями, найдорожчі з яких є інженери-хіміки (130 тис. дол. США на рік), інженери-електрики (110–120 тис. дол. США на рік), гірничі інженери (до 95 тис. дол. на рік), а також інженери-дослідники, заробітна плати яких може сягати понад 140 тис. дол. США на рік.

Поточна і перспективна структура і динаміка вартості акумуляторів у 2023–2032 рр. представлені на рис. 3.

Значення на рис. 3 базуються на припущеннях щодо ринкової частки катодних матеріалів, питомої енергії, кількість матеріалів на рівні акумуляторного блоку та ціни на матеріали станом на вересень 2023 р.: 22,8 дол/кг для карбонату літію; 4,4 дол/кг для сульфату нікелю та 5,7 дол/кг для сульфату кобальту. Графік представляє оцінку вартості акумуляторів на кількох ланках ланцюга формування вартості: вартість катодного матеріалу, вартість матеріалів для комірок, загальна вартість комірок та вартість акумуляторного блоку. Оскільки технологічний процес складання комірок у блоки є менш трудомісткий, ніж створення комірок, створена додана вартість на цьому етапі є меншою. Поточна структура вартості акумуляторів представлена у табл. 1.

Таблиця 1

Структура вартості літій-іонних батарей, %

Елемент собівартості	Частка у вартості батареї, %
Катод	51
Анод	11
Електроліт	4
Розділювач	7
Корпус	3
Витрати на переробку та амортизація	24
Акумулятор	100

Джерело: [9; 15]

Отже, загальні витрати на матеріали, які включають обробку, становлять понад 70% вартості акумуляторних батарей [9], а 24% вартості акумуляторних батарей – це створена додана вартість, яка може вважатися досить високим показником

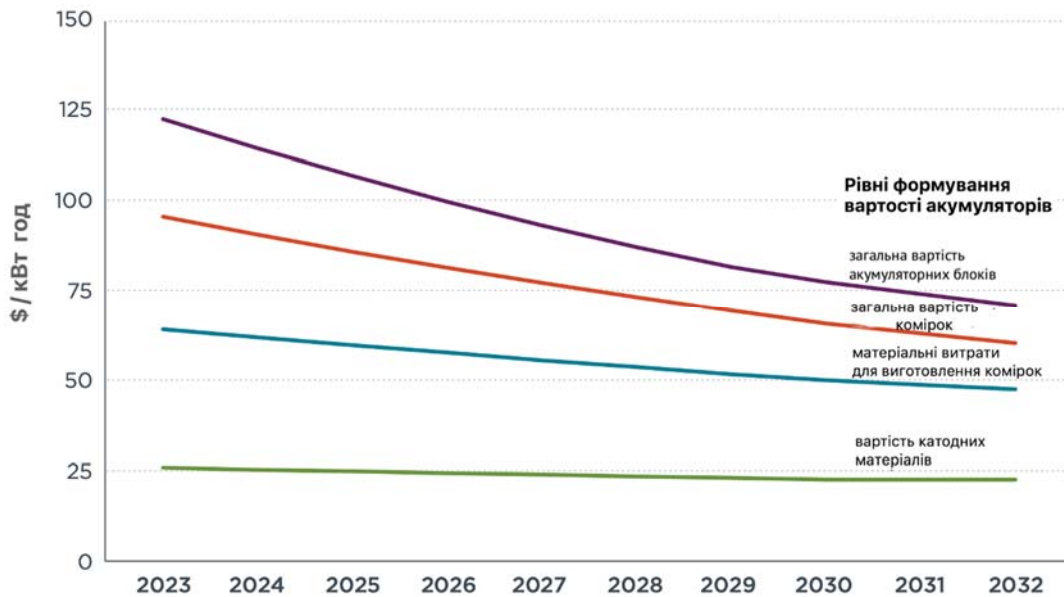


Рис. 3. Оцінка витрат на створення літій-іонних батарей у 2023–2032 рр.

Джерело: [9]

у сфері переробки. Проте, якщо з собівартості компонентів виокремити додану вартість (витрати на працю, амортизацію, прибуток тощо), то загальна створена в рамках ланцюга додана вартість може досягти 50%. При цьому, рівень прибутку в ланцюзі, що починається з видобутку літію з ропи, буде вищим, ніж від отримання літію з руди приблизно удвічі; крім того, цей ефект поширюється і на вищі ланки ланцюга доданої вартості. Виняток становить підприємство Greenbushes (Австралія), яке поряд із видобутком сподумену побудувала два заводи з виробництва гідроксиду літію з концентрату. Продовження ланцюга доданої вартості створило переваги у вигляді менших витрат на закупівлю сировини для переробки, а також транспортування цієї сировини до місця переробки [18].

В Україні вже почалися розробки літєвих родовищ, однак цей процес може зайняти 5–7 років, і лише потім можна буде починати видобуток. У разі вирішення наукової проблеми створення економічно доцільної технології видобутку та переробки петаліту та зниження воєнних ризиків на територіях місцезнаходження покладів літєвих руд для України важливим буде не лише розвинути цей сировинний потенціал, а й продовжити ланцюг доданої вартості в національній економіці до етапів виробництва комірок та збірки акумуляторів. Для цього необхідно:

1. Розвивати дослідження і розробки в сфері створення технології видобутку літію з петаліту,

з якого видобувати літій технічно складніше і дорожче.

2. Визначити інституційний орган для координації інвестицій у літєву галузь та стратегічну взаємодію з міжнародними партнерами.

3. Стимулювати розроблення сталих рішень по максимальній кількості ланок ланцюга доданої вартості. Зокрема, це може бути створення екологічних сертифікатів, які б гарантували місцевим громадам, що можуть постраждати від гірничодобувної діяльності, використання технологій найменшого впливу на довкілля і здоров'я людей.

4. Інтегруватися в ринок електромобілів Європейського Союзу та інших країн Європи, а також розвивати внутрішній ринок електричних транспортних засобів, зокрема, автобусів та електровантажівок. Серед аналітиків існує консенсус, що лише за наявності виробництва електромобілів у регіоні можна буде просувати літєвий ланцюг. Крім того, європейські країни слабо залучені до процесу виробництва компонентів акумуляторів; їх частка у виробництві катодів – 0,2%, анодів – 0%, електролітів – 2%, а сепараторів – 4,5%. У цьому сенсі сприяння альянсу з ЄС, який є провідним виробником і розробником транспортних засобів у регіоні, для збільшення виробництва електромобілів може стати вирішальним кроком до всього літєвого ланцюга.

Висновки з проведеного дослідження. Україна містить значні запаси літєвих мінералів

у Європі. Виходячи з економіки формування ланцюгів доданої вартості створення літій-іонних батарей, важливо розвинути у безпечний для реалізації таких проєктів період не лише первинні ланки – сировинне виробництво, а й робити капіталовкладення у хімічне виробництво і надалі – поглиблену переробку на компоненти батарей. Останні технологічні розробки можуть допомогти знизити матеріальні та супутні витрати на виробництво компонентів, сприяти підвищенню сталості виробництва з перших ланок ланцюга доданої вартості.

З іншого боку, слід провести подальший аналіз та розрахунки, щоб вивчити доцільність розміщення літійових виробництв на території України та інших ринкових аспектів як факторів, які можуть суттєво вплинути на рішення продовжувати чи не продовжувати проєкт з видобутку літію. Це дозволило б порівняти оцінки з іншими виробниками літію з пегматитів, такими як Австралія і Китай.

Незважаючи на виявлені в дослідженні обмеження щодо розвитку такої високомаржинальної галузі, як літійова, це дослідження забезпечує розуміння формування ланцюгів доданої вартості літійових батарей та електромобілів у світі, виявляє переваги поглибленої переробки літію та необхідність її сполучення з видобутком для отримання вищої доданої вартості всередині країни.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Сьомка В.О. Про перспективи розвитку літійового виробництва та хімічних джерел струму в Україні. Літійосні пегматити українського щита. Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 25 травня 2022 року. *Вісник НАН України*. 2022. №7. С. 75–80. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2022.07.075>
2. Брюховецька Н.Ю., Черних О.В. Особливості формування доданої вартості продукції на промислових підприємствах. Науково-довідна записка. Київ-Краматорськ: Інститут економіки промисловості НАН України. 2017. 34 с. URL: <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2018/01/Osoblyvosti-formuvannya-dodanoi-vartosti-produktsiyi.pdf>
3. Кравчук І.А. Теоретичні засади дослідження формування доданої вартості. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2017. Вип. 22. Ч. 1. С. 59–62. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_22/1/15.pdf
4. Гурняк І.Л., Дацко О.І., Яремчук О.І. Додана вартість як базис розвитку територіальних громад. *Регіональна економіка*. 2015. № 1. С. 37–47. URL: https://intrel.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/08/regek_2015_1_6.pdf
5. Конрад Ю.В., Мельник Т.М. Промисловість України у глобальних ланцюгах створення вартості. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. № 8. С. 153–159. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/8_ukr/26.pdf
6. Світовий О.М. Важливість застосування категорії «додана вартість» в управлінні підприємством. *Економіка та держава*. 2022. № 5. С. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.5.14>

7. Grant A., Hersh E., Berry C. So, You Want to Make Batteries Too? A Framework for Developing Lithium-Ion Battery Supply Chain Industrial Strategy. 2020. Payne Institute Commentary Series: Viewpoint. URL: <https://payneinstitute.mines.edu/so-you-want-to-make-batteries-better-too/>

8. Ibarra-Gutiérrez S., Bouchard J., Laflamme M., Fytas K. Project economics of lithium mines in Quebec: A critical review. *The Extractive Industries and Society*. 2021. Vol. 8. Issue 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100984>

9. Shen C., Slowik P., Beach A. Investigating the U.S. battery supply chain and its impact on electric vehicle costs through 2032. Report of the International Council of Clean Transportation. February 2024. 49 p. URL: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/02/ID-85-%E2%80%93EV-supply-chain-Report-Letter-70112-v3.pdf>

10. Suttison S., Pengpat K., Intatha U., Zhang W., Eitssayeamn S. Preparation of LFP-based cathode materials for lithium-ion battery applications. *Materials Today: Proceedings*. 2022. Vol. 65, part 4. pp. 2347–2350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.302>

11. Методологічні положення державного статистичного спостереження «Річні національні рахунки», затверджені Наказом Державної служби статистики 26 липня 2022 року №214 (із змінами). Державна служба статистики України. 2022 р. 105 с. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/2022/214/214_2022.pdf

12. Lithium extraction and industrialization: Opportunities and challenges for Latin America and the Caribbean. ECLAC, United Nations, June 2023. 44 p. URL: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8d505030-7686-44e1-9f60-77ceb0610826/content>

13. Technical note on critical minerals. Supply chain, trade flows and value addition. UNCTAD/DITC/MISC/2023/14. 2023. 14 p. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ditcmisc2023d1_en_0.pdf

14. Analyzing the Cost of an Electric Vehicle Battery Cell. Automative Cells Co. 26th March 2024. URL: <https://www.acc-emotion.com/stories/analyzing-cost-electric-vehicle-battery-cell>

15. Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh. BloombergNEF. November 26, 2023. URL: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>

16. Goldman Sachs. Global batteries: The greenflation challenge. 2022. 33 p. URL: <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/batteries-the-greenflation-challenge/report.pdf>

17. Investor day 2022. General Motors. 2022. URL: <https://investor.gm.com/static-files/f6f46977-98a9-4107-bc56-da105e2497>

18. Webb A. Lithium Sector: Production Costs Outlook. S&P Global Market Intelligence. 2019. URL: <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/lithium-sector-outlook-costs-and-margins-confirmation-CD.html>

REFERENCES:

1. Somka V.O. (2022) Pro perspektyvy rozvytku litiivoho vyrobnytstva ta khimichnykh dzherel strumu v Ukraini. Litiienosni pehmatyty ukrainskoho shchya.

Stenohrama dopovidi na zasidanni Prezydii NAN Ukrainy 25 travnia 2022 roku [About the prospects for the development of lithium production and chemical current sources in Ukraine. Lithium-bearing pegmatites of the Ukrainian shield. Transcript of the report at the meeting of the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine on May 25, 2022]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 7, pp. 75–80. DOI: <https://doi.org/10.15407/visn2022.07.075> (in Ukrainian).

2. Briukhovetska N.Yu., Chernykh O.V. (2017). Osoblyvosti formuvannia dodanoi vartosti produktsii na promyslovykh pidpriemstvakh [Features of the formation of added value of products at industrial enterprises]. *Naukovo-dopovidna zapyska. Kyiv-Kramatorsk: Instytut ekonomiky promyslovosti NAN Ukrainy*, 34 p. Available at: <https://agro.dn.gov.ua/wp-content/uploads/2018/01/Osoblyvosti-formuvannya-dodanoi-vartosti-produktsiyi.pdf> (in Ukrainian).

3. Kravchuk I.A. (2017). Teoretychni zasady doslidzhennia formuvannia dodanoi vartosti [Theoretical basis for the research of value added formation]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu*, vol. 222, part 1, pp. 59–62. Available at: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_22/1/15.pdf (in Ukrainian).

4. Hurnyak I.L., Datsko O.I., Yaremchuk O.I. (2015) Dodana vartist yak bazys rozvytku terytorialnykh hromad [The value added as the basis of economic development of local communities]. *Regionalna ekonomika*, no. 1, pp. 37–47. Available at: https://intrel.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/08/regek_2015_1_6.pdf (in Ukrainian).

5. Konrad Y.V., Melnyk T.M. (2017) Promyslovist Ukrainy u hlobalnykh lantsiuhakh stvorennia vartosti [Industry of Ukraine in global value chains]. *Ekonomika i suspilstvo*, vol. 8, pp. 153–159. Available at: https://economyandsociety.in.ua/journals/8_ukr/26.pdf (in Ukrainian).

6. Svitovyi O.M. (2022). Vazhlyvist zastosuvannia katehorii “dodana vartist” v upravlinni pidpriemstvom [Importance of application of category “value added” in management enterprise]. *Ekonomika ta derzhava*, no. 5, pp. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2022.5.14> (in Ukrainian).

7. Grant, A., Hersh, E., Berry, C. (2020). So, You Want to Make Batteries Too? A Framework for Developing Lithium-Ion Battery Supply Chain Industrial Strategy. Payne Institute Commentary Series: Viewpoint. Available at: <https://payneinstitute.mines.edu/so-you-want-to-make-batteries-better-too/>

8. Ibarra-Gutiérrez S., Bouchard J., Laflamme M., Fytas K. (2021) Project economics of lithium mines in Quebec: A critical review. *The Extractive Industries and*

Society, vol. 8, issue 4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.100984>

9. Shen, C., Slowik, P., Beach, A. (2024). Investigating the U.S. battery supply chain and its impact on electric vehicle costs through 2032. Report of the International Council of Clean Transportation. Available at: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/02/ID-85-%E2%80%93EV-supply-chain-Report-Letter-70112-v3.pdf>

10. Suttison S., Pengpat K., Intatha U., Zhang W., Eitssayeamn S. (2022). Preparation of LFP-based cathode materials for lithium-ion battery applications. *Materials Today: Proceedings*, vol. 65, part 4, pp. 2347–2350. DOI: [10.1016/j.matpr.2022.05.302](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.302)

11. Metodolohichni polozhennia derzhavnoho statystychnoho sposterezhenia “Richni natsionalni rakhunky”, zatverdzeni Nakazom Derzhavnoi sluzhby statystyky 26 lypnia 2022 roku №214 (iz zminamy) [Methodological regulations of the state statistical observation “Annual National Accounts”, approved by Order of the State Statistics Service of July 26, 2022 No. 214 (with amendments)]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy*, 105 p. Available at: https://www.ukrstat.gov.ua/norm_doc/2022/214/214_2022.pdf

12. ECLAC (2023). Lithium extraction and industrialization: Opportunities and challenges for Latin America and the Caribbean, 44 p. Available at: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8d505030-7686-44e1-9f60-77ceb0610826/content>

13. UNCTAD (2023). Technical note on critical minerals. Supply chain, trade flows and value addition. UNCTAD/DITC/MISC/2023/14. Available at: https://unctad.org/system/files/official-document/ditcmisc2023d1_en_0.pdf

14. Automative Cells Co. (2024). Analyzing the Cost of an Electric Vehicle Battery Cell. Automative Cells Co. 26th March. Available at: <https://www.acc-emotion.com/stories/analyzing-cost-electric-vehicle-battery-cell>

15. BloombergNEF (2023). Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \$139/kWh. November 26. Available at: <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>

16. Goldman Sachs (2022). Global batteries: The greenflation challenge. Available at: <https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/gs-research/batteries-the-greenflation-challenge/report.pdf>

17. General Motors (2022). Investor day 2022. Available at: <https://investor.gm.com/static-files/f6f46977-98a9-4107-bc56-da105ece2497>

18. Webb A. (2019) Lithium Sector: Production Costs Outlook. S&P Global Market Intelligence. Available at: <https://pages.marketintelligence.spglobal.com/lithium-sector-outlook-costs-and-margins-confirmation-CD.html>