

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАЦІОНАЛЬНОГО РИНКУ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ ТА ВПЛИВУ АГРЕСІЇ РФ НА ЙОГО РОЗВИТОК

©2024 ЧАЛА Т. Г., КОРНІЛІЧ Д. О.

УДК 311.21:339.13:621.311.61

JEL Classification: C10; O31

Чала Т. Г., Корніліч Д. О.

### Статистичний аналіз національного ринку літій-іонних батарей та впливу агресії рф на його розвиток

У статті основну увагу приділено національному ринку літій-іонних батарей як системи збереження енергії. Визначено вплив наслідків вторгнення рф до України на динаміку його розвитку. У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми. Окреслено глобальний і національний контекст розвитку ринку, наголошено на важливості літій-іонних акумуляторів як провідної технології вторинних батарей. Під час дослідження розглянуто теоретико-методологічні засади вивчення ринку систем збереження енергії та проведено аналіз глобальних тенденцій розвитку світового ринку акумуляторів. Визначено сегментацію ринку. Проаналізовано чинники, що впливають на розвиток світового ринку, стримують або прискорюють зростання. Здійснено аналіз національного ринку в рамках ланцюжка виробництва. Відокремлено перспективи видобутку сировини, її первинної переробки, виробництва компонентів акумуляторів (катод, анод); розглянуто повний цикл виробництва акумуляторів і кінцевих виробів. Розглянуто кроки, які здійснює Україна для розвитку ринку. Висвітлено стратегічні перспективи взаємодії з Європейським батарейним альянсом (EBA) з метою створення замкнутої екосистеми у сфері батарейок у рамках Європейського Союзу. Використано дані UN Comtrade – бази даних статистики торгівлі товарами Організації Об'єднаних Націй для статистичного аналізу імпорту в Україну літій-іонних батарей. Виокремлено значення тренду (як адитивної складової часового ряду) національного ринку за допомогою локальної лінійної регресії за методом Фрідмана. Практичну реалізацію цього методу здійснено з використанням програмного продукту R Studio. Визначено абсолютні та відносні параметри динаміки ринку. Розглянуто статистику за 2022 рік, як рік початку російської агресії проти України; визначено особливості та вплив війни на динаміку розвитку ринку літій-іонних батарей. Визначено, що Україна демонструвала випереджальні світові темпи зростання ринку до початку війни та аномальне споживання в 2022 році. Проведене дослідження дозволило висвітлити споживчий характер національного ринку з одного боку та глобальні перспективи України як гравця у ланцюжку виробництва – з іншого.

**Ключові слова:** вторинні батареї, запаси корисних копалин, літій-іонні батареї, метод Фрідмана, ринок, електрохімічні акумулятори, системи збереження енергії, статистичний аналіз, темпи зростання.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-1-146-152>

Рис.: 3. Табл.: 1. Бібл.: 20.

**Чала Тетяна Георгіївна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри статистики, обліку та аудиту, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: [t.g.chala@karazin.ua](mailto:t.g.chala@karazin.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7499-0308>

**Корніліч Дмитро Олегович** – магістр кафедри статистики, обліку та аудиту, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (майдан Свободи, 4, Харків, 61022, Україна)

E-mail: [dkornilich@gmail.com](mailto:dkornilich@gmail.com)

UDC 311.21:339.13:621.311.61

JEL Classification: C10; O31

### Chala T. G., Kornilich D. O. A Statistical Analysis of the National Market of Lithium-Ion Batteries and the Influence of the Aggression of the Russian Federation on Its Development

The article focuses on the national market of lithium-ion batteries as an energy storage system. The impact of the consequences of the Russian invasion of Ukraine on the dynamics of its development is determined. The introduction substantiates the relevance of the chosen topic. The global and national context of market development is outlined, the importance of lithium-ion batteries as the leading technology of secondary batteries is emphasized. In the course of the study, the theoretical and methodological foundations of studying the market of energy storage systems are considered and an analysis of global trends in the development of the world battery market is carried out. Market segmentation is defined. The factors influencing the development of the world market, restraining or accelerating growth are analyzed. An analysis of the national market within the production chain has been carried out. The prospects for the extraction of raw materials, their primary processing, production of battery components (cathode, anode) are separated; the full cycle of production of batteries and final products is considered. The steps taken by Ukraine for the development of the market are considered. The strategic prospects for interaction with the European Battery Alliance (EBA) in order to create a closed ecosystem in the field of batteries within the European Union are highlighted. Data from UN Comtrade, a database of United Nations merchandise trade statistics, was used to statistically analyze imports of lithium-ion batteries into Ukraine. The value of the trend (as an additive component of the time series) of the national market has been allocated using local linear regression by the Friedman method. The practical implementation of this method was carried out using the R Studio software product. Absolute and relative parameters of market dynamics have been determined. The statistics for 2022 as the year of the beginning of the Russian aggression against Ukraine are considered; the features and impact of the war on the dynamics of the development of the lithium-ion battery market are determined. It is determined that Ukraine demonstrated outstripping global market growth rates before the start of the war

and abnormal consumption in 2022. The carried out research allowed to highlight the consumer nature of the national market, on the one hand, and the global prospects of Ukraine as a player in the production chain, on the other.

**Keywords:** secondary batteries, mineral reserves, lithium-ion batteries, Friedman method, market, electrochemical batteries, energy storage systems, statistical analysis, growth rate.

**Fig.:** 3. **Tabl.:** 1. **Bibl.:** 20.

**Chala Tetyana G.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Statistics, Accounting and Auditing, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

**E-mail:** t.g.chala@karazin.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7499-0308>

**Kornilich Dmytro O.** – Master of the Department of Statistics, Accounting and Auditing, V. N. Karazin Kharkiv National University (4 Svobody Square, Kharkiv, 61022, Ukraine)

**E-mail:** dkornilich@gmail.com

**Вступ.** Отримання чистої та доступної енергії є окремою ціллю, встановленою програмою сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй (Sustainable Development Goals. 7. Affordable and Clean Energy) [19]. Світ має прискорити перехід до доступної, надійної та сталої енергетичної системи, інвестуючи у відновлювані джерела енергії, надаючи пріоритет енергоефективним практикам і впроваджуючи чисті енергетичні технології та інфраструктуру.

Частиною чистої енергетичної інфраструктури є електрохімічні батареї що виступають компонентами систем збереження енергії. Літій-іонні акумулятори є представниками найбільш динамічного сегмента ринку серед електрохімічних батарей.

Вже звичайним прикладом використання акумуляторних батарей є споживчий ринок, мережеві системи зберігання енергії є іншим великим сегментом, нарешті масове впровадження електромобілів є ключовою частиною планів з декарбонізації і породжує експоненціальне зростання попиту на відповідні системи зберігання.

Україна тримається у глобальному тренді переходу на чисту енергію. Ще до початку повномасштабної агресії росії були запровадженні відповідні плани. Так, в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року передбачається, що частка відновлюваних джерел у українському енергоринку становитиме 12 % у 2025 році, 17 % – у 2030 та 25 % – у 2035. За фактом, у 2021 році частка у виробництві електроенергії становила 8 % [1]. Також зростає ринок електромобілів, і хоча в загальній кількості автомобілів вони мають частку трохи більше 1 %, але частка електромобілів на ринку нових автомобілів у 2023 році вже склала рекордні 18 % [3].

Україна має всі можливості не тільки виступати споживачем на ринку систем зберігання енергії, але і може зайняти важливе місце у виробничому ланцюжку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання, що стосуються теоретичних напрацювань та аналізу розвитку систем збереження енергії й світового ринку літій-іонних батарей, розглядаються в багатьох вимірах різними вченими світу. Так, Е. Пітінгер та Р. Чіз порівнюють різні системи збереження енергії [9], П. Рагупати зосереджується на електрохімічних системах [12], нарешті Дж. Гуденаф, С. Вітінгем, та А. Йошіно отримали Нобелівську премію по хімії за роботу, пов'язану з розробкою літій-іонних батарей [15], на дослідженні ринку концентруються науковці таких

дослідницьких майданчиків, як ResearchAndMarketes [16] та MarketsAndMarkets [10].

Серед українських науковців відповідні дослідження проводять Ю. Малетін, С. Чернухін [2], які комбінують електричні і електрохімічні системи зберігання, поєднуючи суперконденсатори та літій-іонні батареї; В. Бурдюк, О. Остапчук [4] розглядають перспективи використання джерел розподіленої генерації в енергосистемі України, що передбачає використання систем збереження енергії, зокрема на базі електрохімічних технологій; В. Павлов [5] проводить дослідження особливостей роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних установок та буферних акумуляторів енергії, що, відповідно, впливає на розвиток чистої енергетичної інфраструктури та передбачає використання акумуляторних систем збереження енергії.

Стрімке зростання світового ринку електрохімічних батарей відкриває широкі можливості для України, як споживача, так і потенційного гравця, у виробничому ланцюжку. Російська агресія істотно впливає на ці перспективи.

**Метою** цього дослідження є статистичний аналіз національного ринку літій-іонних батарей та впливу агресії РФ на його розвиток.

Для досягнення поставленої мети в рамках дослідження були поставлені та послідовно вирішені такі завдання: визначено глобальні тенденції розвитку світового ринку електрохімічних систем зберігання енергії, проведено аналіз сучасного стану національного ринку, відокремлено вплив російського вторгнення в Україну.

**Викладення основного матеріалу.** Зберігання енергії – це процес накопичення енергії в певному обладнанні чи системах, щоб її можна було використати пізніше за потреби. Системи зберігання енергії – це набір методів і технологій, що використовуються для зберігання енергії. Процес зберігання енергії передбачає перетворення різних форм енергії, оскільки деякі форми зручніше зберігати, ніж інші. Пристрій, який накопичує енергію, зазвичай називається акумулятором або батареєю [20]. Пристрої які найчастіше використовуються для збереження енергії, – батареї з електрохімічними запасами енергії.

Електрохімічна батарея – електронний компонент, який містить запас енергії і робить її доступною в електричній формі для пристроїв, підключених до нього. Електрохі-

мічна батарея перетворює хімічну енергію на електричну. Акумулятори (або вторинні батареї) можна заряджати зворотною подачею електричної енергії в батарею, тим самим відновлюючи вихідний склад реагентів батареї. У батареях, що перезаряджаються, хімічні реакції можуть протікати у зворотному напрямку – при цьому батарея буде накопичувати електрику, а не витратити її. Через здатність накопичувати (акумуляувати) електрику ці вироби називаються акумуляторними батареями.

Літій-іонні акумулятори – це вторинні батареї, побудовані на базі літію. Наразі вони вже стали кращим типом батареї для додатків, що вимагають високої щільності енергії та малої ваги, таких як смартфони та інша портативна електроніка. Перевага полягає в їх здатності утримувати значно більше заряду та розряджатися значно повільніше.

Літій-іонні акумулятори уможливили системи керування батареями що роблять звичайні акумулятори інтелектуальними. Це дозволяє електронним пристроям повідомляти про свій стан: скільки енергії залишилося або скільки часу залишилося до того, як батарею потрібно буде підзарядити. З того часу, як виник інтерес до літєвих батарей, дослідження і розробка цього типу батарей ніколи не сповільнювалися.

Сьогодні літєві батареї уможливили все – від революції електромобілів, завдяки якій незабаром наші дороги будуть заповнені лише електромобілями, до невеликих акумуляторних батарей типу AA, що перезаряджаються через USB-C, які привносять потужність літєвих акумуляторів у сферу традиційних побутових батарейок. Незважаючи на те, що технологічний прогрес і зниження витрат сприяли буму використання літєвих акумуляторів для мобільних пристроїв протягом останніх кількох років, наступною частиною попиту будуть електромобілі та накопичувачі енергії, які забезпечать майбутнє зелених технологій.

Ринок акумуляторів сегментований за різними критеріями. Технологія виробництва головним чином залежить від хімічних елементів, використаних в акумуляторах, і є одним з критеріїв сегментації. Інший критерій – застосування, це може бути автомобільний сектор, індустріальні батареї, споживчий ринок та інше. Номенклатура форм факторів, географічний розподіл ринку і виробники також розглядаються як окремі ознаки для сегментації ринку.

На світовому ринку історично домінували первинні батареї, але на 2022 рік вторинні батареї (акумулятори) є лідером як по об'єму ринку, так і по темпу зростання. Основними трендами розвитку ринку акумуляторів є такі: зростаючий попит на системи накопичення та зберігання енергії, збільшення використання та розвиток морських батарей, збільшення попиту на електромобілі. Російсько-українська війна підірвала шанси на відновлення світової економіки після пандемії COVID-19, принаймні в короткостроковій перспективі. Війна призвела до економічних санкцій проти черги країн, різкого зростання цін на товари та збоїв у ланцюжках поставок, що спричинило інфляцію товарів і послуг і вплинуло на багато ринків у всьому світі. Також ринок уповільнюють жорсткі урядові правила щодо виробництва вторинних батарей. У процесі виробництва акумуляторів утворюються стічні води та вивільняються

такі забруднювачі, як кадмій, кобальт, мідь, ціанід, залізо, свинець, марганець, ртуть, нікель і цинк. Виробникам зазвичай рекомендують зменшити кількість небезпечних речовин, що викидаються в навколишнє середовище. Зі зниженням вартості літєвих акумуляторів значно зріс попит на акумулятори та мінерали, які використовуються у виробництві акумуляторів. Така ситуація підвищує ціни на корисні копалини та створює дефіцит мінеральної сировини, що є додатковим обмеженням зростання ринку.

Незважаючи на ці чинники, посилюючись на прогнози асоціації EUROBAT, реалістичним сценарієм розвитку загального світового ринку акумуляторів є зростання в рази до 2030 року [6]. Вочевидь домінуючу частку будуть займати літєві акумулятори (3000 ГВт-год), які переважно обслуговуватимуть сегменти електромобілів, на які припадає 85–90 % загального обсягу, а також ринки зберігання енергії, які до 2030 року досягнуть 150–225 ГВт-год, з яких 41 ГВт-год припадатиме на автономне зберігання (BTM), 138 ГВт-год – на зберігання перед лічильником (FTM) і 31 ГВт-год – для домашнього зберігання.

Національний ринок України є переважно споживачем готової продукції, але має все для того щоб зайняти окреме місце в ланцюжку виробництва, або навіть мати повний цикл виробництва і переробки. У 2017 році був створений Європейський батарейний альянс (ЕВА). Метою проекту є створення замкнутої екосистеми у сфері батарейок – від видобутку сировини, проектування та виробництва до їх утилізації. Таким чином, Європа хоче виключити залежність від інших країн, зокрема Китаю [8]. ЕВА на 2021 рік сформувала стратегічне партнерство з Україною, яке включатиме діяльність по всьому ланцюжку створення вартості як первинної, так і вторинної критично важливої сировини та акумуляторів, і відповідно до цілей Плану дій ЄС щодо критично важливої сировини, воно допоможе диверсифікувати, посилити та забезпечити постачання критично важливої сировини обома сторонами, що є важливим для досягнення «зеленого» та цифрового переходу. Партнерство також матиме вирішальне значення для збереження глобальної конкурентоспроможності та розвитку стійкості промисловості ЄС та України.

Один із напрямків, де Україна також може брати участь в ЕВА, – в частині зарядної інфраструктури для електромобілів, де ми маємо хороші початкові позиції. Завдяки пільговим умовам ввезення ринок електромобілів в Україні досить активно розвивається з 2016 року. Крім того, Україна також може взяти участь у роботі Європейського сировинного альянсу (ERMA), який працює за принципом ЕВА, але створений для забезпечення стратегічними матеріалами європейської безвуглецевої економіки.

З точки зору сировинних матеріалів українські дослідники припускають, що східний регіон країни містить великі запаси оксиду літію, джерела літію, який є критично важливим для виробництва акумуляторів [7]. Родовища літію розташовані в Кіровоградській (Полохівське та Добрий), Донецькій (Шевченківське) та Запорізькій (Крута Балка) областях. На цей час жоден з них не веде видобуток. Обсяги їхніх запасів є державною таємницею. За деякими оцінками, запаси Шевченківського родовища становлять близько 14 млн тонн.

Що стосується інших важливих металів, то в країні також є запаси нікелю, кобальту та марганцю, які використовуються у виробництві акумуляторів. Родовища нікелю та кобальту розташовані в Кіровоградській та Дніпропетровській областях. Запаси становлять: нікелю – 215 тис. тонн (12 родовищ), кобальту – 8,8 тис. тонн (11 родовищ). Слід зазначити, що в різних джерелах дані щодо обсягу запасів можуть суттєво відрізнятися. Одним з «металів майбутнього» є титан. На відміну від літію, ільменітова руда (сировина для титану) вже видобувається в Україні, є також виробничі потужності. Намагання держави брати участь у міжнародних ланцюгах постачання добре вписується в загальну ідею розширення національного ринку батарей. Маючи відповідні запаси сировини, Україна може виступати гравцем на етапах видобутку і первинної обробки сировини.

Наступним кроком, може бути виробництво окремих компонентів таких як катоди і аноди. Наприклад графітові аноди – графіт використовується як анодний матеріал у виробництві літій-іонних акумуляторів завдяки своїй відносно низькій вартості та щільності енергії. Деякі матеріали були класифіковані як критичні для європейської економіки з точки зору економічної важливості та ризику перебоїв у постачанні. Природний графіт був класифікований як критичний у всіх трьох юрисдикціях: Японії, США та Європі [17].

За запасами графіту Україна входить до п'ятірки лідерів у світі. За даними геологічних досліджень виявлено 6 основних родовищ, які містять запаси близько 18 мільйонів тону природного графіту. У 2021 році Україна експортувала на світові ринки понад 17 тис. тону графіту, що зробило її шостим найбільшим виробником у світі. На жаль, війна призвела до призупинення роботи основних видобувних підприємств. Китай є лідером з постачання природного графіту, але також зіткнувся з перебоями у постачанні ключових мінералів. Європейські виробники вже намагаються наблизити постачання мінеральної сировини з Китаю, щоб підвищити стабільність ланцюгів поставок.

З огляду на локалізацію ланцюгів поставок, Україна має стати провідним виробником графіту в Європі після війни. Це важливо як для нашої промисловості, так і для світової спільноти на шляху до сталого розвитку та боротьби зі зміною клімату.

Ще одним етапом в виробничому ланцюжку може бути будівництво фабрики з виробництва акумуляторів. На літєвій основі українські представники вже запропонували ЄС побудувати в Україні завод з виробництва акумуляторів для електромобілів і перевірити українські дані про родовища і запаси критично важливих металів. Для цієї мети Україна хоче залучити кредит від ЄБРР у розмірі 200 млн євро для створення масштабного промислового виробництва літій-іонних акумуляторів. Необхідно виконати чотири умови: мати розвідані запаси корисних копалин, створити сучасну матеріально-технічну базу та побудувати розвинену інфраструктуру, володіти технологією виробництва та підготувати кадри, налагодити ланцюжки поставок, які покрийють ринок збуту. Звичайно, країнам ЄС є сенс будувати такі заводи на своїй території.

Сильною стороною заводів з виробництва літій-іонних акумуляторів, які будуються в країнах ЄС, є техноло-

гія виробництва, технічне оснащення, близькість до ринків збуту та персонал. Заводи можуть наймати інженерів, які працювали в тому ж місті на заводах з виробництва двигунів внутрішнього згоряння. Слабкою стороною заводів є їхня рівновіддаленість від джерел сировини. Обсяги виробництва залежатимуть від постачання літію, нікелю, кобальту, марганцю. Таким чином, Україна за певних умов може стати виробничим майданчиком для повного циклу виробництва батарей.

Нарешті, можна також розглянути перспективу будівництва заводів по виробництву електричних автомобілів, які одночасно будуть споживачами готових батарей. Україна також хоче залучити інвесторів для будівництва заводу з виробництва електромобілів. Великі промислові інвестори зараз приходять лише у випадку дуже суттєвих пільг.

Виробник електромобілів Tesla, прихід якого є довгоочікуваною мрією для будь-якої країни, насправді вимагає податкових та інших пільг. І вона їх отримує. Компанія вже отримала кілька мільярдів доларів податкових пільг на будівництво своїх потужностей у США. В рамках ЕВА Tesla отримує 1 млрд євро субсидій від Німеччини на будівництво заводу з виробництва акумуляторів під Берліном. Індія також пропонує компанії великі стимули для створення заводу з виробництва електромобілів. Згідно з дослідженням організації Securing America's Future Energy (SAFE) [13], протягом наступних 5–10 років світові автовиробники інвестують 300 мільярдів доларів у розробку та виробництво електромобілів. Половина цих витрат припадає на Китай.

Україна вже робить реальні кроки для створення стимулів для розвитку виробництва електротранспорту в країні. Йдеться про звільнення від ПДВ та ввізного мита з 2021 по 2028 рр. обладнання та комплектуючих для виробництва електромобілів (легкових автомобілів, електробусів, електричних вантажівок та спецтехніки). Також пропонується до кінця 2033 року звільнити від податку на прибуток підприємства електротехнічної промисловості, які продають електродвигуни для транспорту (крім троллейбусів), літій-іонні акумулятори, зарядні пристрої, а також підприємства автопрому, які продають електромобілі власного виробництва.

Дослідження ринку літій-іонних акумуляторів базується на даних світового експорту країнами даних отриманих з бази даних United Nations Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade). Comtrade – база даних статистики торгівлі товарами Організації Об'єднаних Націй, підтримується Статистичним відділом ООН та містить детальну статистику імпорту й експорту, надану статистичними органами майже 200 країн та регіонів [18]. Вона містить щорічні дані про торгівлю з 1962 року і до поточного моменту. UN Comtrade вважається найбільш повною базою даних про торгівлю, яка містить понад 1 мільярд записів. База даних постійно оновлюється. Кожного разу, коли дані про торгівлю надходять від національних органів влади, вони стандартизуються Статистичним відділом ООН, а потім додаються до UN Comtrade.

Показники імпорту в Україну з 2012 по 2021 рік демонструють високі відносні показники зростання (табл. 1), що значно випереджають середньосвітові.

Таблиця 1

## Відносні показники ринкової динаміки імпорту-експорту літій-іонних батарей в Україні і світі

Показник	%
Загальний темп зростання імпорту в Україну, 2021/2012	2236,5
Загальний темп зростання світового експорту, 2022/2012	873,8
Середньорічний темп зростання імпорту в Україну, 2021/2012	141,0
Середньорічний темп зростання світового експорту, 2022/2012	124,0
Середньорічне падіння ціни імпорту в Україну, 2021/2012	12,2
Середньорічне падіння ціни світового експорту, 2022/2012	7,0

Джерело: розраховано за даними [18]

Вартість імпорту в Україну зросла з 1,37 млн дол. США в 2012 році до 30,64 млн дол. США в 2021 (див. рис. 1).

Відповідно до трендової компоненти, отриманої за допомогою локальної лінійної регресії за методом Фрід-

мана [11], можна зробити висновок, що національний імпорт зменшився після агресії росії у 2014 році, починаючи з 2016 року імпорт демонструє відновлення та до повномасштабної війни 2022 року мав тренд на зростання (рис. 2).

Вартість, млн USD

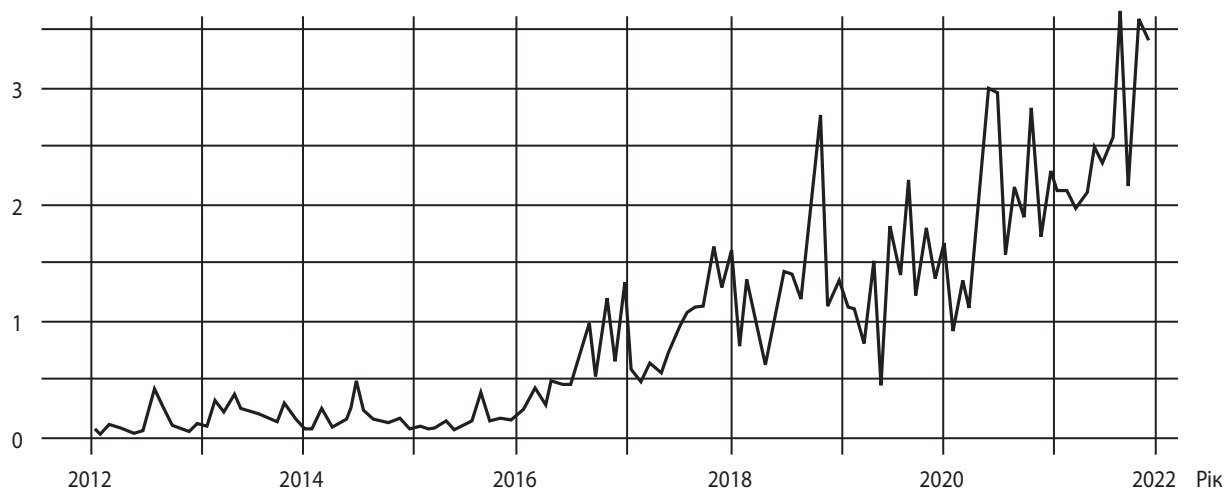


Рис. 1. Помісячна вартість імпорту літій-іонних батарей в Україну у 2012–2021 рр.

Джерело: побудовано в R Studio [14] за даними UN Comtrade [18]

Аналізуючи помісячні дані імпорту в Україну за 2022 рік, бачимо що на початку війни імпорт на порядок скорочується, далі демонструє відновлення, після чого під час осінньо-зимових атак на енергетичну інфраструктуру експоненціально зростає (рис. 3). З іншого боку, агресія росії проти України в 2022 році на світовому рівні не мала впливу на ринкову ситуацію – ціни продовжили падіння, експорт зріс як кількісно, так і в дол. США.

За підсумками року маємо зростання імпорту майже у чотири рази в 2022 році порівняно з 2021 роком. Так само через агресію змінилася структура імпорту за найбільшими країнами-постачальниками, де в 2021 році домінував Китай.

**Висновки.** До початку військової агресії росії національний ринок України у 2012–2021 рр. демонстрував середньорічні темпи зростання імпорту літій-іонних батарей 141 %, що вдвічі перевищувало світові, у 2021 році обсяг імпорту склав 30 млн дол. США.

Початок війни у 2022 році спричинив аномальні зміни на ринку: на початку року імпорт літій-іонних батарей на порядок скорочується, далі демонструє відновлення, після чого під час осінньо-зимових атак на енергетичну інфраструктуру експоненціально зростає. Це привело до збільшення експорту у чотири рази за рік, піднявшись з 30 млн дол. США до 130 млн дол. США у 2022 р.

Наслідки війни можна розглядати через призму можливостей, що з'являються: спостерігаємо прискорену адаптацію енергетичної інфраструктури, впроваджуються технології енергозбереження, покращується стабільність за рахунок встановлення оновленого обладнання, завершується перехід від ламп розжарення на LED-лампи, зростає роль ВДЕ генерації та наявності розгалуженої та розподіленої енергомережі.

Все це призведе до зростання ринку збереження енергії, а отже, попиту на акумулятори. Окремою можливістю слід розглядати розвиток внутрішнього виробництва і роз-

Вартість, млн USD

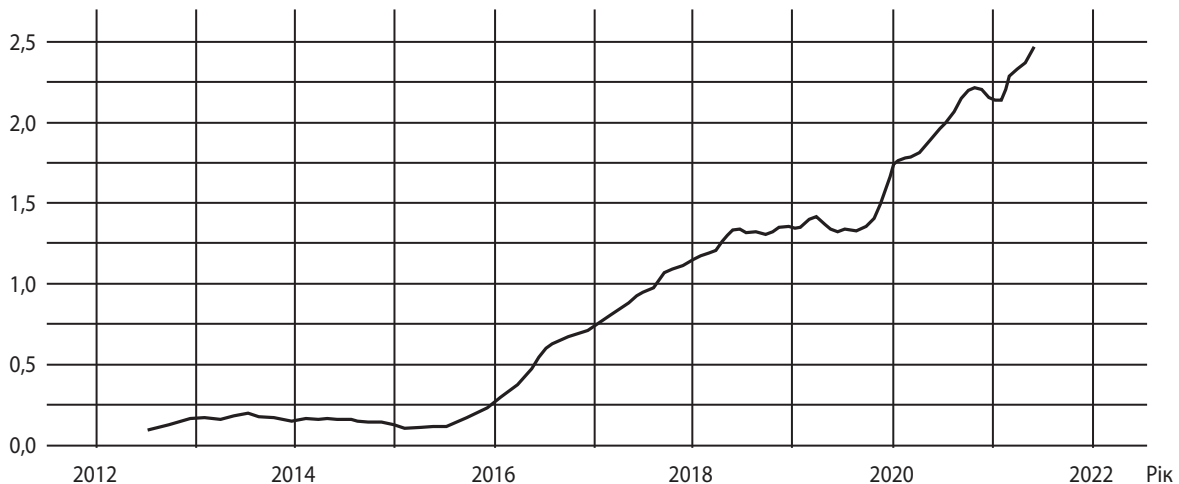


Рис. 2. Трендова складова вартості імпорту літій-іонних батарей в Україну за 2012–2021 рр. (метод Фрідмана)

Джерело: побудовано в R Studio [14] за даними UN Comtrade [18]

Вартість, млн USD

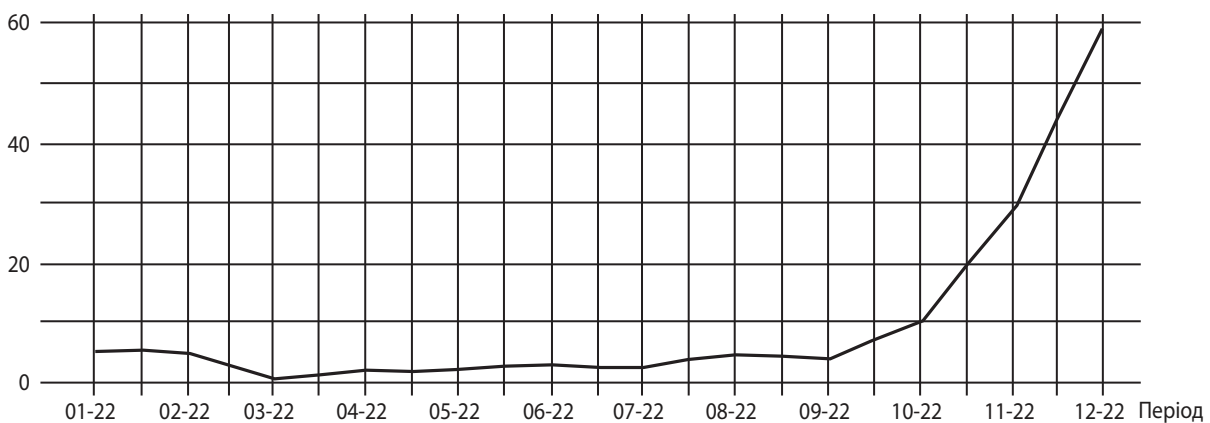


Рис. 3. Помісячна вартість імпорту літій-іонних батарей в Україну у 2022 р.

Джерело: побудовано в R Studio [14] за даними UN Comtrade [18].

ширення ринку за рахунок експорту, цьому може сприяти плани ЄС по диверсифікації залежності від Китаю, перспектива вступу в ЄС, наявність одних з найбільших у світі запасів корисних копалин критичних для виробництва літій-іонних акумуляторів.

Подальші напрямки досліджень авторів пов'язані з прогнозуванням розвитку світового ринку літій-іонних батарей (за допомогою сингулярного спектрального аналізу) та виявлення зв'язку (за допомогою кореляційно-регресійного аналізу) з індексами інвестиційної привабливості відповідних секторів економіки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Зелена енергетика 2.0: чого чекати її виробникам після закінчення війни // Укрінформ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3533739-zelena-energetika-20-cogo-cekati-ii-virobnikam-pisla-zakincenna-vijni.html>

2. Малетін Ю. А., Чернухін С. І., Стрижакова Н. Г., Козачков С. Г. Комбінування поверхні з об'ємом: гібриди суперконденсаторів з Li-іонними акумуляторами. *Хімія, фізика та технологія поверхні*. 2023. № 14 (4). С. 555–560.

3. На українському авторинку доля електрокарів вдвічі більша ніж в Європі // Інтернет-ресурс інформаційно-аналітичної групи AUTO-Consulting. URL: <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=53300>

4. Остапчук О. В., Будицький В. І. Перспективи використання джерел розподіленої генерації в енергосистемі України // Енергозбереження та енергоефективність : Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро, 2018. С. 36–38.

5. Павлов В. Б., Кудря С. О., Будицький В. І. Особливості роботи автономних зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних установок та буферних акумуляторів енергії. *Технічна електродинаміка*. 2019. № 4. С. 70–76.

6. Battery Innovation Roadmap 2030 // EUROBAT. URL: <https://www.eurobat.org/campaigns-and-initiatives/battery-innovation-roadmap-2030/>

7. Before Invasion, Ukraine's Lithium Wealth Was Drawing Global Attention // New York Times. URL: <https://www.nytimes.com/2022/03/02/climate/ukraine-lithium.html>

8. Building a European battery industry // European Battery Alliance. URL: <https://www.eba250.com>

9. Hittinger E., Ciez R. Modeling Costs and Benefits of Energy Storage Systems. *Annual Review of Environment and Resources*. 2020. Vol. 45. P. 445–469.

10. Interconnected Segments Adjacencies in Market Ecosystems. 2023 // Markets and Markets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com>

11. Luedicke J. Friedman's Super Smoother // Boston College. URL: [http://fmwww.bc.edu/RePEc/bocode/s/supsmooth\\_doc.pdf](http://fmwww.bc.edu/RePEc/bocode/s/supsmooth_doc.pdf)

12. Ragupathy P., Bhat S., Kalaiselvi N. Electrochemical energy storage and conversion: An overview. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*. 2023. 464 p.

13. SAFE Case Study: Electric Shared Autonomous Vehicles Could Significantly Reduce Noise, Air Pollution. 2023. URL: <https://secureenergy.org/safe-case-study-electric-shared-autonomous-vehicles-could-significantly-reduce-noise-air-pollution/>

14. The most trusted IDE for open source data science // POSIT. URL: <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>

15. The Nobel Prize in Chemistry 2019 // The Nobel Prize. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/popular-information/>

16. The World's Largest Market Research Store // Research and Markets. URL: <https://www.researchandmarkets.com>

17. Ukraine aims to become one of the global leaders in the supply of graphite // Ukraine Invest. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/en/news/24-05-22-3/>

18. UN Comtrade Database. UN. URL: <https://comtradeplus.un.org>

19. United Nations, Sustainable Development Goals. 7. Affordable and Clean Energy. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>

20. What is Energy Storage? // Galooli. URL: <https://galooli.com/glossary/what-is-energy-storage/>

## REFERENCES

"Battery Innovation Roadmap 2030". EUROBAT. <https://www.eurobat.org/campaigns-and-initiatives/battery-innovation-roadmap-2030/>

"Before Invasion, Ukraine's Lithium Wealth Was Drawing Global Attention". New York Times. <https://www.nytimes.com/2022/03/02/climate/ukraine-lithium.html>

"Building a European battery industry". European Battery Alliance. <https://www.eba250.com>

Hittinger, E., and Ciez, R. "Modeling Costs and Benefits of Energy Storage Systems". *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 45 (2020): 445–469.

"Interconnected Segments Adjacencies in Market Ecosystems. 2023". Markets and Markets. <https://www.marketsandmarkets.com>

Luedicke, J. "Friedman's Super Smoother". Boston College. [http://fmwww.bc.edu/RePEc/bocode/s/supsmooth\\_doc.pdf](http://fmwww.bc.edu/RePEc/bocode/s/supsmooth_doc.pdf)

Malietin, Yu. A. et al. "Kombinuvannia poverkhni z ob'ємom: hibrudy superkondensatoriv z Li-ionnyimi akumulatoramy" [Combining Surface with Volume: Supercapacitor Hybrids with Lithium-Ion Batteries]. *Khimiia, fizyka ta tekhnolohiia poverkhni*, no. 14(4) (2023): 555–560.

"Na ukrainskomu avtorynku dolia elektrokariv vdvichi bilsha nizh v Yevropi" [The Share of Electric Cars in the Ukrainian Car Market Is Twice as Large as in Europe]. Internet-resurs informatsiino-analitychnoi hrupy AUTO-Consulting. <http://autoconsulting.ua/article.php?sid=53300>

Ostapchuk, O. V., and Budko, V. I. "Perspektyvy vykorystannia dzherel rozpodilenoї heneratsii v enerhosystemi Ukrainy" [Prospects for the Use of Distributed Generation Sources in the Energy System of Ukraine]. *Enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnist*. Dnipro, 2018. 36–38.

Pavlov, V. B., Kudria, S. O., and Budko, V. I. "Osoblyvosti roboty avtonomnykh zariadnykh stantsii elektromobiliv z vykorystanniam vitroelektrychnykh ustanovok ta bufernykh akumulatoriv enerhii" [Peculiarities of the Operation of Autonomous Charging Stations for Electric Vehicles Using Wind Power Plants and Energy Buffer Batteries]. *Tekhnichna elektrodynamika*, no. 4 (2019): 70–76.

Ragupathy, P., Bhat, S., and Kalaiselvi, N. "Electrochemical energy storage and conversion: An overview". In *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 2023.

"SAFE Case Study: Electric Shared Autonomous Vehicles Could Significantly Reduce Noise, Air Pollution. 2023". <https://secureenergy.org/safe-case-study-electric-shared-autonomous-vehicles-could-significantly-reduce-noise-air-pollution/>

"The most trusted IDE for open source data science". POSIT. <https://posit.co/products/open-source/rstudio/>

"The Nobel Prize in Chemistry 2019". The Nobel Prize. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/popular-information/>

"The World's Largest Market Research Store". Research and Markets. <https://www.researchandmarkets.com>

"Ukraine aims to become one of the global leaders in the supply of graphite". Ukraine Invest. <https://ukraineinvest.gov.ua/en/news/24-05-22-3/>

"UN Comtrade Database". UN. <https://comtradeplus.un.org>

"United Nations, Sustainable Development Goals. 7. Affordable and Clean Energy". <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>

"What is Energy Storage?" Galooli. <https://galooli.com/glossary/what-is-energy-storage/>

"Zelena enerhetyka 2.0: choho chekaty yii vyrobnykam pislia zakinchennia viiny" [Green Energy 2.0: What to Expect Its Manufacturers after the End of the War]. Ukrinform. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3533739-zelena-energetika-20-cogo-cekati-ii-vyrobnykam-pisla-zakincenna-vijni.html>

Стаття надійшла до редакції 06.12.2023 р.

Статтю прийнято до публікації 20.12.2023 р.