

Перспективи розвитку системи поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями в Україні

Н. Й. ШУПТАР-ПОРИВАЄВА¹

Стрімке зростання продажів електромобілів актуалізує питання поводження з їх відпрацьованими акумуляторними батареями, що містять токсичні речовини та без належної утилізації можуть нанести значної шкоди навколишньому середовищу. Метою даного дослідження є вивчення потенціалу вітчизняної системи поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями в контексті кругової економіки.

У статті проаналізовано динаміку розвитку ринку електромобілів в Україні в період з 2012 по 2019 р. За допомогою алгоритму експоненціального згладжування з використанням табличного процесору Microsoft Excel було виконано прогноз наповнення вітчизняного ринку електротранспорту на найближчі роки. Зроблено корегування результатів прогнозування з урахуванням рецесії авторинку, спричиненої економічною кризою через пандемію коронавірусної інфекції.

У ході дослідження був вивчений досвід провідних країн світу з питань поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями, зокрема були розглянуті підходи до законодавчого регулювання проблеми та можливості для повторного використання автомобільних батарей з відпрацьованим ресурсом. Акцентовано увагу на тому, що сучасний розвиток технологій створює умови для одержання економічної, соціальної та екологічної вигоди, що може бути досягнута через рециклінг відпрацьованих акумуляторних батарей. Підраховано економічну вигоду для України від переробки електромобільних акумуляторних батарей, що вичерпали свій ресурс. Доведено доцільність переорієнтації існуючих методів господарювання в системі поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями на засади кругової економіки, що може забезпечити не тільки поліпшення екологічної ситуації в Україні, але й призвести до її економічного зростання та підвищення добробуту населення.

Ключові слова: відпрацьована акумуляторна батарея, електромобіль, прогноз, рециклінг, циркулярна економіка.

УДК 504.064.47

JEL коди: Q53, L62

Вступ. Тенденції останніх років у світовому господарстві характеризуються посиленням уваги до екологічної проблематики людства. Через активізацію несприятливих змін клімату, глобального потепління, розвитку альтернативних видів енергетики, накопичення різних видів відходів питання екології все частіше виходять на перший план в порядку денному міжнародних організацій, великих корпорацій та урядів провідних країн світу.

За таких умов новою парадигмою розвитку суспільства стає перехід на сталий рівень життя, що характеризується активним розвитком та впровадженням моделі циркулярної економіки, головною ідеєю якої є замкнутий цикл використання ресурсів з метою мінімізації тиску на довкілля. Заснована на принципах сталого розвитку, економіка

¹ Шуптар-Пориваєва Наталія Йосипівна, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри економіки природокористування Одеського державного екологічного університету.



замкненого циклу передбачає активне використання «зелених» технологій та інновацій, одним з ключовим сектором розвитку яких є транспорт.

Революція E-Mobility (перехід на електричні види транспорту) кардинально змінює автомобільний бізнес по всьому світу. У 2018 р. продано більше 2 млн електромобілів у порівнянні з декількома тисячами у 2010 р. Протягом останніх трьох років Україна посідає одне з провідних місць в світі з розвитку електромобільного транспорту. Так, у 2018 році наша країна увійшла до десятки країн-лідерів за ростом ринку електромобілів [1].

Через стрімке зростання продажів електромобілів гострої актуальності набирає питання поводження з їх відпрацьованими акумуляторними батареями, що містять токсичні речовини та без належної утилізації можуть нанести значної шкоди навколишньому середовищу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченням концепції циркулярної економіки та основних аспектів її впровадження займався ряд видатних вчених-економістів серед яких слід від виділити Е. МакАртур [2], Зварич І. Я. [3], Шевченко Т. І. [4], Пахомову Н. В. [5]. Питаннями переробки електричних транспортних засобів, дослідженням екологічних та економічних переваг їх утилізації займалися, зокрема, зарубіжні вчені – Г. Харпер [6], Ахмади Л. [7], Гейнс Л. [8] та ін.

Мета статті – дослідити потенціал вітчизняної системи поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями в контексті кругової економіки.

Результати дослідження. Незважаючи на те, що сьогодні Україна – це європейська країна з одним із найнижчих рівнів автомобілізації (на 1 тисячу жителів приходить 201 автомобіль), наша держава вже кілька років поспіль займає провідні місця в рейтингу країн з найшвидшим розвитком ринку електромобілів. Причиною цього, напевно, можна назвати екологічну свідомість українців. Стимулювання цього сегменту автомобільного ринку з боку держави за рахунок впровадження пільг на сплату ПДВ та акцизу на ввезення електромобілів, розвиток інфраструктури, що за новими будівельними нормами передбачає виділення не менш як 5% паркомісць під облаштування зарядними станціями, та економія на заправці (у порівнянні бензиновими автомобілями) – основні фактори росту продажів електромобілів в Україні. Проте зростаюча кількість електричного автотранспорту в кінцевому рахунку призведе до значної кількості небезпечних відходів акумуляторних батарей, які є ключовим компонентом електромобіля.

За даними Міністерства інфраструктури України в період з 2012 по 2019 рр. до нашої держави було ввезено більше 19 тис. електромобілів і в подальшому прогнозується глобальне зростання кількості електричного автотранспорту на українських дорогах [9].

Користуючись методом екстраполяції, який дає ефективний прогноз в тому випадку, якщо період прогнозування на перевищує 30% від бази періодів, що аналізуються, зроблено прогноз наповнення вітчизняного ринку електротранспорту. З огляду на дані за останні вісім років, наведені в табл. 1, прогнозний горизонт становить три роки.

Для побудови прогнозу було застосовано новий інструмент MS Excel 2016 «Лист прогнозу», який доданий на вкладку Дані. При прогнозуванні будується таблиця, що разом із вихідними даними містить прогнозні величини та границі довірчих інтервалів.

Прогноз представляє собою значення, розраховані за допомогою алгоритму експоненціального згладжування (ETS) за версією AAA.

Таблиця 1

Кількість зареєстрованих в Україні електромобілів у 2012–2019 рр. [9]

Рік	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Кількість зареєстрованих електромобілів	7	50	77	488	1706	3256	6740	7012

Таким чином, використання табличного процесору Microsoft Excel дозволило оцінити кількість електричного автотранспорту, що буде курсувати по території України. Результати прогнозування показують, що цей показник в 2020 р. складе 8864, в 2021 р. – 9309, а в 2022 р. – 11 161 транспортних одиниць (од.). Загальна кількість електромобілів в Україні становитиме 48 670 од. (рис. 1).

Проте, 2020 рік увійде в історію як рік пандемії коронавірусної інфекції COVID-19, що обумовить масштабні зміни в політиці, економіці, в багатьох галузях промисловості, зокрема, й в автомобілебудуванні. Так, за даними міжнародного рейтингового агентства Moody's, слід очікувати зниження попиту на автомобілі на світовому ринку в поточному 2020 році, який найбільш істотно буде відчутний в Західній Європі та складе 21% [10]. Відновлення продажів агентство допускає лише 2021 р.

Таким чином, можна прогнозувати, що, з урахуванням рецесії авторинку за найближчі три роки, в Україні кількість електромобілів збільшиться на 23 464 од. і загалом становитиме 42 800 од.

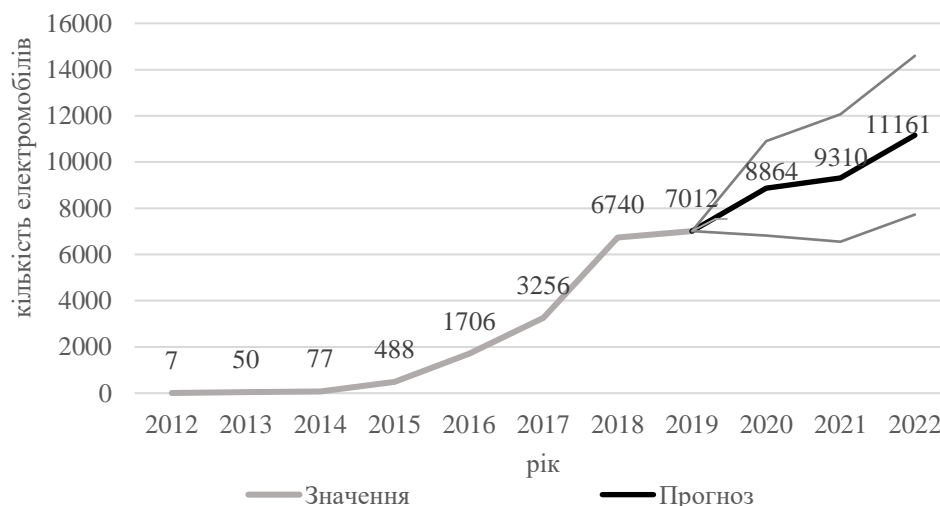


Рис. 1. Прогнозування кількості електромобілів в Україні, станом на 2022 р.

Ситуацію ускладнює й той факт, що переважна більшість (загалом 91%) електромобілів на українських дорогах є вживаними. За даними на 2019 р., доля нових

автомобілів становила тільки 9% від їх загальної кількості, 52% – це автомобілі віком до 5 років, і близько 39% – автомобілі старші 5 років [11].

Таким чином, можна припустити, що саме в 2022 р. Україна зіткнеться з проблемою поводження з відпрацьованими акумуляторними батареями загальною вагою близько 10 тис. т.

В Україні поки немає ніяких нормативних документів, що регламентують порядок дій із електромобільними батареями, що вийшли з ладу. Натомість, розвинені країни вже близько тридцяти років успішно на законодавчому рівні вирішують питання поводження з відпрацьованими джерелами струму. Так, наприклад, в Європейському Союзі на сьогодні чинною є Директива 2006/66/EG, яка регулює процеси зберігання й утилізації використаних батарейок і акумуляторів, як побутових так і електромобільних. Однак, розвиток технологій спонукає європейське співтовариство до регулярних переглядів «батарейкових» директив. Так, на перший квартал 2020 року була запланована чергова актуалізація та прийняття в новій редакції даної директиви, проте через пандемію коронавірусної інфекції захід було перенесено [12].

Основна відповідальність за рециклінг відпрацьованих батарей згідно Директиви 2006/66/EG покладена на виробників продукції, тобто на автобудівні компанії, які вже сьогодні вбачають доцільність формування своїх виробничо-технологічних систем на засадах циркулярної економіки. Основні принципи 3R (Reduce, Reuse, Recycle) у свою діяльність активно впроваджують світові лідери автомобілебудівної галузі, які адаптують своє виробництво під круговий принцип отримання доходу на одному продукті. Переважна більшість виробників електрокарів діагностують та перепрофілюють свої відпрацьовані батареї для повторного використання, адже їх спеціалістами було підраховано, що електромобільні батареї, які вже не можуть бути використані для живлення автомобілів, залишають близько 70 % початкової ємності, що дає широкі можливості для їх повторного використання. Так, наприклад, компанія Nissan в місті Наміе (Японія) встановила використані батареї Nissan Leaf для живлення вуличних ліхтарів, а в Амстердамі – вони забезпечують енергопостачання стадіону Johan Crujff Aren. Корпорація EVgo в місті Юніон-Сіті (США, Каліфорнія) оснащує батареями BMW із швидкі зарядні станції, а батареї з відпрацьованим ресурсом від компанії Renault забезпечують працездатність ліфтів в Парижі [13].

Незважаючи на те, що концепція циркулярної економіки розглядає повторне використання батарей як більш пріоритетний метод поводження з ними в порівнянні з їх рециклінгом, проте такий спосіб лише відстрочує незворотній процес їх переробки.

Розвиток науки та передових інноваційних технологій створює умови для одержання економічної, соціальної та екологічної вигоди, що може бути досягнута через рециклінг відпрацьованих акумуляторних батарей. Світовим лідером «зеленого» автомобілебудування загалом та індустрії рециклінгу електромобілів зокрема, сьогодні є КНР. Незважаючи на те, що зараз в країні переробляють лише 13% акумуляторних батарей, тут розуміють, що дбайливе ставлення до ресурсів, які споживаються для виробництва електромобільних акумуляторів, буде мати стратегічне значення для забезпечення стійкості автомобільної промисловості майбутнього. Китайські науковці активно працюють над розробкою технологій, що дозволяють створити ефективну і економічно доцільну систему утилізації літій-іонних акумуляторів і тим самим забезпечити майбутні безперебійні поставки їх складових компонентів, адже запаси сировини для їх виробництва (літій, нікель, графіт і кобальт) в природі обмежені й, крім того, не поновлюються. Разом з тим, розширення видобутку сировини генерує величезну

екологічну проблему, оскільки при виробництві батарей відбувається масштабне забруднення навколишнього середовища і споживається велика кількість енергії.

Так, наприклад, для отримання 1 т літію потрібно 250 т мінеральної руди сподумен або 750 т збагаченого мінералами розсолу, що сильно виснажує ґрунтові води. У Чилі, в районі Салар-де-Атакама – найбільшому центрі виробництва літію, 65% води регіону споживається в результаті видобутку корисних копалин. Це негативний вплив на господарську діяльність місцевих фермерів, які потім повинні імпортувати воду з інших регіонів. Потреби у воді для обробки літію, одержаного таким способом, є значними: для отримання однієї тони літію потрібно 1 900 т води, яка витрачається на випаровування. Натомість, при вторинному виробництві 1 т літію потрібно переробити тільки 28 т використаних літій-іонних батарей (близько 256 од.). Негативний вплив виробництва літій-іонних батарей на навколишнє середовище може бути значно зменшено, якщо підвищити ступінь вилучення матеріалів з акумуляторних батарей з вичерпаним терміном експлуатації [14].

Разом з тим рециклінг батарей має сенс не тільки з екологічних, а й з економічних міркувань. Ринок переробки акумуляторних батарей, що відпрацювали свій ресурс, в КНР перетворюється в «золотоносну жилу для економіки країни». У 2018 р. його обсяг склав близько 5 млрд юанів (788 млн дол. США), а в 2020 р. – прогнозується його подвоєння. Сьогодні провідні китайські компанії з виробництва акумуляторних батарей CATL і GEM Co Ltd спільно з автовиробниками BYD і Dongfeng здійснюють переплавку акумуляторних батарей (на основі технологій, розроблених у співробітництві з компаніями Tesla та Toyota) зі щорічним виділенням в цьому процесі близько 5 тис. т кобальту та нікелю [15], ціни на які за останні п'ять років виросли втричі.

Спираючись на дані китайських науковців, наведені в роботі [16], та представлений прогноз наповнення вітчизняного ринку електромобілів, можна підрахувати економічну вигоду від переробки відпрацьованих електромобільних акумуляторів в Україні. Так, з огляду на те, що валовий дохід від переробки однієї батареї електромобіля становить 121,5 дол. США [16], та враховуючи прогнозні показники кількості електромобілів на дорогах країни, у відповідності до яких в 2022 р. буде використовуватися близько 42800 од., можна стверджувати, що дохід від переробки акумуляторів електромобілів складе більше 5,2 млн дол. США.

Слід також відмітити й позитивний вплив рециклінгу на ринок праці в сфері переробки електромобільних батарей, який сьогодні не встигає за швидкими темпами розвитку галузі. За даними дослідження, проведеного Інститутом автомобільної промисловості Великобританії, нестача кваліфікованих кадрів для обслуговування електричних транспортних засобів у 2017 р. складала 98% [17]. Також варто врахувати вигоди від створення нових робочих місць на переробних заводах, що активно будуються по всьому світу. Так, наприклад, компанія Northvolt у 2017 р. оголосила про будівництво на півночі Швеції найбільшого в Європі заводу з виробництва та утилізації літій-іонних батарей, який забезпечить до 2500 робочих місць [18].

Висновки та перспективи подальших наукових розробок. У той час, як в Україні і досі не вирішена подальша доля відпрацьованих побутових джерел струму, стрімкий розвиток вітчизняного ринку електромобілів, гостро ставить проблему поводження з їх батареями, що вичерпали свій ресурс. І проблема ця є навіть більш глобальною, адже вага акумулятора електромобіля перевищує вагу пальчикової батарейки в тисячі разів, що відповідно тягне за собою більш масштабне забруднення довкілля в результаті відсутності їх належної утилізації.

Сьогодні розвинені країни світу демонструють успішний досвід ефективного вирішення питання поводження з відходами електромобільної промисловості шляхом впровадження державної політики, орієнтованої на принципи циркулярної економіки. Нажаль, Україна сьогодні відстає від світових лідерів з переходу до замкнутих циклів «життя» електромобільних акумуляторів, при яких не забруднюється навколишнє середовище, створюються нові робочі місця в сегментах повторного використання та переробки акумуляторних батарей. Зважаючи на потенціал вітчизняного ринку «зелених» машин, переорієнтація існуючих методів господарювання в системі поводження з відпрацьованими електромобільними акумуляторними батареями на засади кругової економіки може забезпечити не тільки поліпшення екологічної ситуації в Україні, але й призвести до її економічного зростання та підвищення добробуту населення.

Література

1. Oron, A. Top 10 Countries In The Global EV Revolution: 2019 Edition [Електронний ресурс] / A. Oron. – Режим доступу : <https://insideevs.com/news/402528/top-10-global-ev-countries-2019/>
2. MacArthur, E. Towards the circular economy / E. MacArthur // Journal of Industrial Ecology. – 2010. – № 10. – С. 4–8.
3. Зварич, І. Я. Е-мобільність – імплементація циркулярної економіки в напрямі інклюзивності / І. Я. Зварич // Причорноморські економічні студії. 2018. – № 36 (1). С. 14–18.
4. Shevchenko, T. Management of material and product circularity potential as an approach to operationalise circular economy / T. Shevchenko, J. Kronenberg // Progress in Industrial Ecology, an International Journal. 2020. – № 1(14). – С. 30–57.
5. Пахомова, Н. В. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития / Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова // Вестник СПбГУ. Экономика. 2017. – № 33(2). – С. 244–268.
6. Harper, G. Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles / G. Harper, R. Sommerville., E. Kendrick // Nature. 2019. – № 575. – С. 75–86.
7. Ahmadi, L. A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems / L. Ahmadi, S. B. Young, M. Fowler, R. A. Fraser, M. A. Achachlouei // Int. J. Life Cycle Assess. 2017. – № 22. – С. 111–124.
8. Gaines, L. Lithium-ion batteries: examining material demand and recycling issues / L. Gaines, P. Nelson // TMS Annual Meeting and Exhibition – 2010.
9. Муджири, Е. Свежая статистика: количество электромобилей в Украине перевалило за отметку 12 000 штук. [Електронний ресурс] / Е. Муджири. – Режим доступу : <https://autogeek.com.ua/svezhaja-statistika-kolichestvo-jelektromobilej-v-ukraine-perevalilo-za-otmetku-12-000-shtuk/>
10. Falk, F. Moody's – Global automakers' sales forecast dropped again as coronavirus impact deepens. [Електронний ресурс] / F. Falk. – Режим доступу : <https://www.moodyanalytics.com/>
11. Український ринок електромобілів набирає обертів, в тренді – секонд-хенд. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ukrautoprom.com.ua/ukra%d1%97nskiy-rinok-elektromobiliv-nabiraye-obertiv-v-trendi-sekond-xend>
12. Гурков, А. Электромобилей все больше, а что с утилизацией батарей? [Електронний ресурс] / А. Гурков. – Режим доступу : <https://www.dw.com/ru/>
13. «Вторая жизнь аккумулятора электромобиля»: утилизация или повторное использование. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://hevcars.com.ua/reviews/utilizaciya-i-povtornoe-ispolzovanie-akkumulyatorov-elektromobilej/>
14. Бриттанова, А. Растущее число электромобилей таит в себе серьёзную проблему утилизации по окончании срока их эксплуатации. [Електронний ресурс] / А. Бриттанова. – Режим доступу : <https://ruslom.com/rastuschee-chislo-elektromobilej-tait-v-sebe-sereznuyu-problemu-utilizatsii-po-okonchani-sroka-ih-ekspluatatsii/>

15. *Fusheng, L.* Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. [Электронный ресурс] / L. Fusheng – Режим доступа : <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7dcc13f905.html>.
16. *Qinyu Qiao*, (2019). Electric vehicle recycling in China: Economic and environmental benefits / Qinyu Qiao, Fuquan Zhao, Zongwei Liu, Han Hao // Resources, Conservation & Recycling. 2019. – № 140. – С. 45-53.
17. *Institute of the Motor Industry.* Raises Skills And Regulation Concerns As Demand For Electric And Hybrid Vehicle Surges. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.theimi.org.uk/news/imi-raises-skills-and-regulation-concerns-demand-electric-and-hybrid-vehicle-surges>
18. *Nilsen, T.* Northern Swedish city gets Europe's largest battery factory. [Электронный ресурс] / T. Nilsen – Режим доступа : <https://thebarentsobserver.com/en/industry-and-energy/2017/10/northern-swedish-city-gets-europes-largest-battery-factory>

Отримано 12.07.2020 р.

**Перспективы развития системы обращения
с отработанными электромобильными аккумуляторными батареями в Украине**

НАТАЛЬЯ ИОСИФОВНА ШУПТАР-ПОРЫВАЕВА*

** кандидат экономических наук, старший преподаватель
кафедры экономики природопользования
Одесского государственного экологического университета,
ул. Львовская, 15, г. Одесса, 65016, Украина,
тел.: +38(063)4831725, e-mail: shuptar.n@gmail.com*

Стремительный рост продаж электромобилей актуализирует вопрос обращения с их отработанными аккумуляторными батареями, которые содержат токсичные вещества и без надлежащей утилизации могут нанести значительный ущерб окружающей среде. Целью данного исследования является изучение потенциала отечественной системы обращения с отработанными электромобильными аккумуляторными батареями в контексте круговой экономики. В статье проанализирована динамика развития рынка электромобилей в Украине в период с 2012 по 2019 годы. С помощью алгоритма экспоненциального сглаживания с использованием табличного процессора Microsoft Excel был выполнен прогноз наполнения отечественного рынка электротранспорта на ближайшие годы. Сделаны корректировки результатов прогнозирования с учетом рецессии авторынка, вызванной экономическим кризисом из-за пандемии коронавирусной инфекции. В ходе исследования был изучен опыт ведущих стран мира по вопросам обращения с отработанными электромобильными аккумуляторными батареями, в частности были рассмотрены подходы к законодательному регулированию проблемы и возможности для повторного использования автомобильных батарей с отработанным ресурсом. Акцентировано внимание на том, что современное развитие технологий создает условия для получения экономической, социальной и экологической выгоды, которая может быть достигнута через рециклинг отработанных аккумуляторных батарей. Подсчитано экономическую выгоду от переработки украинских электромобильных аккумуляторных батарей, которые исчерпали свой ресурс. Доказано целесообразность переориентации существующих методов хозяйствования в системе обращения с отработанными электромобильными аккумуляторными батареями на принципы циркулярной экономики может обеспечить не только улучшение экологической ситуации в Украине, но и привести к ее экономическому росту и повышению благосостояния населения.

Ключевые слова: отработанная аккумуляторная батарея, прогноз, рециклинг, циркулярная экономика, электромобиль.

Development Perspective of Used Electrocar Batteries Management System in Ukraine

NATALIIA SHUPTAR-PORYVAIEVA*

* *C.Sc. (Economics), Senior Tutor, Department of Environmental Economics,
Odessa State Environmental University,
Lvovskaya str., 15, Odessa, 65016, Ukraine,
phone: +38(063)4831725, e-mail: shuptar.n@gmail.com*

Manuscript received 12 July 2020

Due to the rapid growth in sales of electric vehicles, the issue of handling their used batteries, which contain toxic substances and without proper disposal can cause significant damage to the environment, becomes extremely important. The purpose of this article is to study the potential of Ukrainian used electrocar batteries management system in the context of the circular economy.

The article analyses the dynamics of electrocar market development in Ukraine in the period from 2012 to 2019. With the help of an exponential smoothing algorithm using Microsoft Excel table processor the domestic market of electric transport fill forecast for the next years was made. The forecast results were adjusted for the car market recession caused by the economic crisis due to the coronavirus pandemic.

In the course of the research, the experience of the world's leading countries on the issues of handling used electric car batteries was studied, in particular, approaches to legislative regulation of the problem and opportunities for reuse of car batteries with used resource were considered. Emphasis was placed on the fact that modern technology development creates conditions for economic, social and environmental benefits that can be achieved through recycling of used batteries. The economic benefits of recycling Ukrainian electric automotive batteries, which have exhausted their resource was calculated. Expedient to reorient the existing methods of used electrocar batteries management system on the principles of circular economy can provide not only improvement of ecological situation in Ukraine, but also lead to its economic growth and welfare of the population was proved.

Keywords: circular economy, electrocar, forecast, recycling, used accumulator battery.

JEL Codes: Q53, L62

Table: 1; Figure: 1; References: 18

Language of the article: Ukrainian

References

1. Oron, A. Top 10 Countries In The Global EV Revolution: 2019 Edition. Retrieved from <https://insideevs.com/news/402528/top-10-global-ev-countries-2019/>.
2. MacArthur, E. (2010). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 4–8.
3. Zvarych, I. Ya. (2018). E-mobilnist – implementatsiia tsyrkuliarnoi ekonomiky v napriami inkluzyvnosti. [E-mobility - the implementation of the circular economy in the direction of inclusiveness]. *Prychornomorski ekonomichni studii – Black Sea Economic Studies*, 36 (1), 14–18 [in Ukrainian].
4. Shevchenko, T., Kronenberg, J. (2020). Management of material and product circularity potential as an approach to operationalise circular economy. *Progress in Industrial Ecology, an International Journal*, 1 (14), 30–57.
5. Pakhomova, N. V., Rykhter, K. K., Vetrova, M.A. (2017). Perehody k tsyrkuliarnoi ekonomyke y zamknutim tsepiam postavok kak faktor ustoychivoho rozvytyia. [Transition to a circular economy

- and closed supply chains as a factor of sustainable development]. *Vestnyk SPbHU. Ekonomyka – SPbSU Bulletin. Economy*, 33(2), 244–268 [in Russian].
6. Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. *Nature*, 575, 75–86.
 7. Ahmadi, L., Young, S. B., Fowler, M., Fraser, R. A., Achachlouei, M. A. (2017). A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. *Int. J. Life Cycle Assess*, 22, 111–124.
 8. Gaines, L., Nelson, P. (2010). Lithium-ion batteries: examining material demand and recycling issues. *TMS Annual Meeting and Exhibition*.
 9. Mudzhyry, E. Svezhaia statystyka: kolychestvo elektromobylei v Ukrainy perevalylo za otmetku 12 000 shtuk. [Fresh statistics: the number of electric vehicles in Ukraine has exceeded 12,000 units]. Retrieved from <https://autogeek.com.ua/svezhaja-statistika-kolichestvo-jelektromobilej-v-ukraine-perevalilo-za-otmetku-12-000-shtuk/> [in Russian].
 10. Falk, F. Moody's - Global automakers' sales forecast dropped again as coronavirus impact deepens. Retrieved from <https://www.moodysanalytics.com/>.
 11. Ukrainyskiy rynek elektromobiliv nabyraie obertiv, v trendi – sekond-khend. [The Ukrainian market of electric cars is gaining momentum, the trend is second-hand]. Retrieved from <http://ukrautoprom.com.ua/ukra%20d1%97nskiy-rinok-elektromobiliv-nabiraye-obertiv-v-trendi-sekond-xend> [in Ukrainian].
 12. Hurkov, A. Elektromobylei vse bolshe, a chto s utylyzatsyeyi batarei? [There are more and more electric vehicles, but what about the disposal of batteries?]. Retrieved from <https://www.dw.com/ru/> [in Russian].
 13. «Vtoraia zhyzn akkumuliatora elektromobylia»: utylyzatsyia yly povtornoie yspolzovanye. [The second life of an electric vehicle battery: recycling or reuse]. Retrieved from <https://hev cars.com.ua/reviews/utilizaciya-i-povtornoie-ispolyzovanie-akkumulyatorov-elektromobilej/> [in Russian].
 14. Bryttanova, A. Rastushchee chislo elektromobylei tayt v sebe sereznuiu problemu utylyzatsyy po okonchaniyu sroka ykh ekspluatatsyy. [A growing number of EVs pose a serious end-of-life scrapping problem]. Retrieved from <https://ruslom.com/rastuschee-chislo-elektromobilej-tait-v-sebe-sereznuyu-problemu-utilizatsii-po-okonchaniyu-sroka-ih-ekspluatatsii/> [in Russian].
 15. Fusheng, L. Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. Retrieved from <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7 ddc13f905. html>.
 16. Qinyu Qiao, Fuquan Zhao, Zongwei Liu, Han Hao. (2019). Electric vehicle recycling in China: Economic and environmental benefits. *Resources, Conservation & Recycling*, 140, 45–53.
 17. Institute of the Motor Industry. Raises Skills And Regulation Concerns As Demand For Electric And Hybrid Vehicle Surges. Retrieved from <https://www.theimi.org.uk/news/imi-raises-skills-and-regulation-concerns-demand-electric-and-hybrid-vehicle-surges>.
 18. Nilsen, T. Northern Swedish city gets Europe's largest battery factory. Retrieved from <https://thebarentsobserver.com/en/industry-and-energy/2017/10/northern-swedish-city-gets-europes-largest-battery-factory>.