

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-42-27>

УДК 504.7.064.3:614

# ЕВОЛЮЦІЯ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ: СВІТОВИЙ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ КОНТЕКСТИ

## EVOLUTION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT METHODOLOGY: WORLD AND DOMESTIC PERSPECTIVE

**Коблянська Інна Ігорівна**кандидат економічних наук, доцент,  
Сумський національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7844-9786>**Koblianska Inna**

Sumy National Agrarian University

Подекадна періодизація розвитку методології оцінки життєвого циклу у світі дозволила ідентифікувати основні фактори, які сприяли її успішній трансформації та перетворенню з ізольованої процедури, що впроваджується в окремих компаніях, на всеохопний та універсальний інструмент підтримки сталих управлінських рішень, методична база якого і надалі збагачується та доповнюється. Це, передусім: політичне визнання, стандартизація, поширення знань та інформації. Сучасний етап розвитку оцінки життєвого циклу в Україні можна співставити з періодом «привернення уваги», що мав місце у США та Європі у 60-ті роки XX ст.: це окремі ізольовані бізнес-кейси, в яких застосовуються найпростіші методи. Наголошено на необхідності посилення обміну знаннями, створення спеціалізованих платформ, стимулювання дискусії у бізнес-колах та владних інституціях з приводу реалізації практик оцінювання життєвого циклу для подолання наявного розриву.

**Ключові слова:** життєвий цикл, оцінка, аналіз, управління, екологічні аспекти, сталий розвиток, методологія.

In the early 2000s, life cycle assessment (LCA) was recognized as one of the science-based approaches, the use of which is appropriate to support management decisions towards a sustainable future. In light of Ukraine's European integration progress, it is important and necessary to spread life cycle assessment practices. The purpose of the article is to illustrate the development of the LCA methodology within the transformation of socio-economic conditions and sustainable development promotion policy context in the world, to demonstrate an interdisciplinary and integrative role of this tool, as well as to outline the measures that can contribute to the spread of the LCA practices in domestic conditions. The decade-long periodization of the LCA methodology development made it possible to identify the main factors contributing to the successful LCA transformation from an isolated procedure implemented in individual companies to a comprehensive and universal tool supporting sustainable management decisions. The following factors are of main importance: political recognition, standardization, and dissemination of knowledge and information. Nowadays public procurement and construction sectors are promising areas of the LCA application. They can serve to implement the "domino" effect and contribute to the more active involvement of other sectors and industries in the LCA conducting. The current stage of the LCA development in Ukraine is rather a "rising attention" period (that took place in the USA and Europe in the 60s of the XX century): there are separate isolated business cases in which the simplest methods of an LCA are used. Strengthening the knowledge exchange via specialized platforms and stimulation of LCA-targeted discussion in business circles and government institutions could help to overcome this gap (between LCA practices in Ukraine and developed countries).

**Keywords:** life cycle, assessment, analysis, management, environmental aspects, sustainable development, methodology.

**Постановка проблеми.** Оцінка життєвого циклу (ОЖЦ) дозволяє приймати рішення, що є оптимальними з точки зору екологічних (а також соціальних і економічних) аспектів

функціонування всієї продуктової системи. Цей інструмент стає все більш поширеним у практиці прийняття рішень в розвинених країнах. Цьому передував досить тривалий про-

цес розвитку методології ОЖЦ, що на певних етапах супроводжувався рішеннями та діями, які зрештою сприяли становленню ОЖЦ як інтегрального інструмента практичної реалізації принципів сталого розвитку при прийнятті рішень. Ідентифікація та вивчення цих факторів можуть сприяти формуванню відповідного середовища й для стимулювання вітчизняного бізнесу та політичних структур застосовувати оцінку життєвого циклу, що наразі є мало поширеним.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

У публікаціях [1; 2] досить детально досліджено та описано історію розвитку методології ОЖЦ від перших ідей та досліджень до сучасності. Водночас, вчені не виокремлюють певні явища / події, які можна розглядати як фактори, що стимулювали подальший розвиток та поширення практик ОЖЦ. Аналіз україномовної літератури, розміщеної у базі Google Scholar (пошук за фразою «оцінка життєвого циклу LCA», вибірка починаючи з 2018 р., лише публікації у журналах), засвідчив, що дослідження з використанням методології оцінки життєвого циклу мають більшою мірою прикладний характер, властиві технічним наукам, та здійснені у форматі кейсів. Так, оцінка життєвого циклу використовується для аналізу екобезпечності продукції та процесів у металургійному виробництві [3], виробництві наноматеріалів [4], у хімічній промисловості [5], у поводженні з відходами [6], у готельно-ресторанному бізнесі [7]. У вказаних дослідженнях використано окремі процедури ОЖЦ: аналіз матеріальних потоків, визначено критерії екологічності процесів тощо. Деякі дослідження передбачають й визначення певних кількісних оцінок: у роботі [8] здійснено порівняльну оцінку різних типів транспортних засобів (автомобілів із бензиновим двигуном та електромобіля) з використанням SimaPro 8; у публікації [9] ОЖЦ використано для екологічного аналізу та оцінки енергоефективності різних технологій використання поживних решток кукурудзи в якості біопалива. Ряд публікацій присвячено огляду інструментам автоматизації процедур ОЖЦ [10; 11] і лише деякі дослідження (зокрема, [12]) присвячені методологічним аспектам ОЖЦ, з акцентом на універсальності даної методології, її значенні в прийнятті управлінських рішень у різних галузях економіки.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Не зменшуючи значення наукового доробку та наявних результатів досліджень з використанням ОЖЦ, слід

вказати на необхідність більшої уваги до ОЖЦ як інтегрального інструменту прийняття рішень, акцентуванні уваги на потенціалі ОЖЦ з точки зору удосконалення практик прийняття рішень, підвищення конкурентоспроможності організацій, забезпечення відповідності господарської діяльності принципам сталого розвитку. У даному контексті важливим є й розуміння характеру та факторів розвитку методології ОЖЦ через дослідження її еволюції та окреслення потенціалу застосування вже у найближчому майбутньому.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Дане дослідження має на меті проілюструвати розвиток методології ОЖЦ в контексті трансформації соціально-економічних умов та політики сприяння сталому розвитку, продемонструвати становлення ОЖЦ як міждисциплінарного та інтеграційного інструменту прийняття рішень, а також окреслити заходи, що можуть сприяти поширенню практик ОЖЦ у вітчизняних умовах.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Оцінка (аналіз) життєвого циклу є інструментом реалізації філософії системного мислення, де враховуються всі етапи «життя» продукту (послуги, організації) від зародження ідеї (дизайну) до прийняття рішення щодо відходів та їх повторного використання – *Life cycle thinking (LCT)*. Такий підхід до розгляду соціально-економічних систем означає необхідність врахування ефектів (економічних, соціальних, екологічних), що виникають на кожній стадії вартісного ланцюга продукту (послуги): добування сировини та енергетичних ресурсів, дизайн та виробництво, пакування та дистрибуції, використання, повторного використання вторинних ресурсів, утилізації відходів. Врахування довгострокових ефектів у всій багатогранності їх прояву дасть змогу приймати рішення, що є оптимальними для системи загалом (виходячи зі встановлених меж системи та критеріїв оптимальності) [1]. Практичним втіленням філософії LCT є концепція управління життєвим циклом (*Life cycle management*), де через оцінку екологічного впливу, сталий дизайн, сталі закупівлі, розвинуті комунікації та залучення стейкхолдерів, розвиток партнерства, впровадження еко-інновацій та практик корпоративної соціальної відповідальності, досягаються цілі компанії, що відповідають парадигмі сталого розвитку. Оцінка життєвого циклу, відповідно, виступає основою управління життєвим циклом, надаючи інформаційно-аналітичний базис для прийняття

обґрунтованих рішень. Управління життєвим циклом має універсальний характер та може бути реалізоване у всіх сферах діяльності та галузях, будь-якими організаціями незалежно від їх розміру, характеру діяльності та форми власності. Втім, таким є сьогоденне розуміння цих концепцій, що формувалось впродовж останніх шестидесяти років одночасно зі зміною соціально-економічних умов функціонування та розвитку людства. Основні віхи розвитку методології оцінки життєвого циклу можна охарактеризувати у такий спосіб (табл. 1).

Доповнюючи дані, наведені у табл. 1, зазначимо, що перші дослідження з ОЖЦ (1963 р.) стосувались, переважно, сектору пакування та були продиктовані намаганням бізнесу зменшити енергоспоживання й відповідні витрати. Далі (у 70-ті роки ХХ ст.) акцент змістився з обліку матеріально-енергетичних потоків до оцінки екологічного впливу як джерела кліматичних змін, евтрофікації, вичерпання ресурсів. Все більше уваги приділялось

встановленню можливостей ресурсозбереження через мінімізацію відходів та повторне використання. Характерною рисою того часу була ізолюваність таких досліджень: вони проводилися з ініціативи окремих гравців – лідерів ринку. Знаковою у цьому контексті стала презентація у 1974 р. першого дослідження, здійсненого за сприяння Агентства з охорони довкілля США (US Environmental Protection Agency), що мало на меті узагальнення наявної інформації та створення належної аналітичної основи для удосконалення регулювання в сфері пакування [1]. Отримавши політичне «визнання», практики ОЖЦ стають все більш поширеними та привертають все більше уваги науковців; вже за десять років було розроблено перший метод заснований на критичних показниках (1984), а наприкінці 80-тих були розроблені перші програмні засоби (які і сьогодні є лідерами у відповідному сегменті ринку): Gabi (1989) та SimaPro (1990). Розробка стандартів серії ISO (1997) фактично формалізує методологію

Таблиця 1

## Етапи розвитку методології оцінювання життєвого циклу

Період	Етап	Характеристика
60-ті роки ХХ ст.	Привернення уваги бізнесу. Проблеми енергозбереження	Акцент на використанні енергетичних ресурсів, енергозбереженні, підвищенні енергоефективності виробничих процесів; дослідження здійснені окремими компаніями США та північної Європи; метод – аналіз матеріальних потоків
70-ті роки ХХ ст.	Долучення публічних акторів. Ресурсощадність та екологічні ефекти	Визнання необхідності «закриття» життєвого циклу для мінімізації негативного екологічного впливу та відходів; перші дослідження за сприяння публічних організацій у США для удосконалення політики; метод – аналіз матеріальних потоків
80-ті роки ХХ ст.	Розвиток методичної бази та автоматизація процедур	Розробка перших методів кількісної оцінки екологічного впливу; розробка перших програмних засобів для проведення оцінки
90-ті роки ХХ ст.	Стандартизація та розвиток методології	Розроблені перші стандарти серії ISO; формуються бази даних та розробляються нові методи для проведення оцінки; започатковано спеціалізований науковий журнал
2000-ні, перша декада ХХІ ст.	Глобальне визнання. Поширення знань та розвиток мереж	Визнання необхідності ОЖЦ як інструменту обґрунтування рішень щодо розбудови сталих моделей виробництва та споживання; розширення предмету ОЖЦ з врахуванням соціальних та економічних аспектів; акцент на поширенні знань через глобальні ініціативи та знаннєві платформи; розвиток партнерства та мереж
друга декада ХХІ ст. – сучасність	Інституційне закріплення та використання для цілей політики	Створення спеціалізованих урядових інституцій у розвинених країнах; закріплення ОЖЦ як складової ряду політик та механізму їх реалізації

Джерело: авторська розробка з урахуванням [1; 2; 13]

та процедури ОЖЦ [14], що надалі доповнюються новими більш досконалішими методами оцінок.

Початок нового сторіччя ознаменувався досягненням глобального консенсусу щодо необхідності всіляко стимулювати заходи для сприяння розвитку сталих моделей виробництва та споживання з використанням науково-обґрунтованих підходів, таких як ОЖЦ (рішення Всесвітнього саміту ООН зі Сталого розвитку, 2002). Тоді ж було започатковано й ініціативу ООН "Life cycle initiative" [15] – цифрову платформу, призначену для поширення знань, обміну досвідом та поширення практик ОЖЦ, особливо в країнах, що розвиваються [1]. У цей же час інтенсивно розвиваються й мережі організацій, діяльність яких пов'язана з ОЖЦ: австралійська мережа (45 організацій); американська (46 членів); тайванська (47 учасників) та ін. [2]. У 2005 році, у рамках заходів із реалізації Інтегрованої продуктової політики [13], у ЄС запущено Європейську платформу з ОЖЦ – European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA) [16]. Ця платформа містить базу знань (методики, бази даних, рекомендації, стандарти, кейси) для збільшення потенціалу бізнесу та органів влади у впровадженні змін відповідно до принципів сталого розвитку, через імплементацію практик ОЖЦ [1; 2]. Тоді ж відбувається й процес вдосконалення ОЖЦ – розширення предмету аналізу із врахуванням соціальних та економічних (витрат) аспектів, інтеграції різних аспектів в рамках оцінки сталості життєвого циклу.

У другій декаді XXI ст. продовжується процес інституціоналізації ОЖЦ: у США було створено Федеральний центр з оцінки життєвого циклу (The Federal Life Cycle Assessment (LCA) Commons, 2012 р.) для координації досліджень та заходів, підвищення ефективності урядування у цій сфері. Розвивається і методологія. Як результат – сьогодні для проведення ОЖЦ доступні більш ніж 20 методик, широкий спектр баз даних та програмних засобів, рекомендацій, політик та стандартів. У сучасних дослідженнях з ОЖЦ вчені акцентують увагу на розробці інтегрованих моделей [17; 18] та вдосконаленні методології [19]. Інтегрована модель ОЖЦ (комплексна оцінка екологічних, соціальних та економічних аспектів) розглядається як оптимальний інструмент вироблення управлінських рішень, які б найкраще відповідали цілям сталого розвитку [17–19]. Переглядається й роль публічного сектору у стимулюванні практик ОЖЦ:

в ЄС оцінка екологічного сліду (як процедура ОЖЦ) визнана інструментом зовнішніх комунікацій і елементом тендерної документації в публічних закупівлях. В рамках програми зелених публічних закупівель, інструменти прийняття рішень, побудовані на ОЖЦ, всіляко заохочуються та стимулюються [20; 21]. Зрештою, сьогодні ОЖЦ є фундаментом для розвитку екологічної політики в усьому світі. В ЄС – лежить в основі значної кількості політик: Інтегрованої продуктової політики, Плану дій щодо Сталого споживання та виробництва, сталої промислової політики; Зелених публічних закупівель; Політики екологічного маркування в ЄС; Схеми екоменеджменту та екоаудиту в ЄС; Екодизайну та ін.; Тематичної стратегії щодо попередження утворення та рециклінгу відходів, Тематичної стратегії щодо сталого використання природних ресурсів; Основою Плану дій щодо Еко-інновацій та екологічних технологій ЄС.

У цілому ж, майбутнє ОЖЦ пов'язується з розвитком та широким застосуванням методології у будівельній галузі та зелених закупівлях [17–21]. Очікується, що саме ці сфери стануть локомотивами розвитку (сформують основний попит) ОЖЦ, запускаючи ефект «доміно». Останнє залежить від швидкості та повноти реагування фінансових інституцій: чим швидше вони включать ОЖЦ у власні моделі оцінювання кредитоспроможності, тим швидшим буде поширення практик ОЖЦ в інших сферах.

Узагальнюючи вищенаведене, зазначимо, що поширенню практик ОЖЦ в країнах Європи та США передували: політичне визнання та долучення публічного сектору, розробка методології та чітке визначення процедур через стандартизацію, поширення знань, інституційний розвиток організацій дотичних до ОЖЦ. Це дозволило мультиплікувати і трансформувати ізольовані бізнес-рішення (1963 р.) в масштабах галузей, регіонів та країн та перетворити ОЖЦ на всеохопну методологію підтримки сталих управлінських рішень на мікро та макрорівнях.

Сучасний етап розвитку ОЖЦ в Україні (виходячи зі змісту досліджень, розглянутих в частині аналізу літературних джерел) можна розглядати як такий, що відповідає періоду «Привернення уваги бізнесу» (табл. 1). Для поширення практик ОЖЦ у вітчизняних умовах вважаємо доцільним:

– розбудовувати належні системи знань та навчання практикам ОЖЦ та екологічного

менеджменту (через розвиток платформ з поширення знань, через відповідні освітні програми, стажування, підвищення кваліфікації працюючих фахівців);

– забезпечити сприяння науковим дослідженням в сфері ОЖЦ, розробці методичного інструментарію (відповідно до специфіки технологічних процесів в Україні), розробці україномовного програмного забезпечення;

– сприяти накопиченню інформації, необхідної для формування баз даних для оцінки екологічного впливу, формуванню відповідних реєстрів з відкритим доступом;

– сприяти імплементації останніх редакцій міжнародних стандартів в сфері ОЖЦ;

– переглянути систему організації державного статистичного спостереження з екологічних аспектів діяльності бізнесу та ін.

Слід вказати на те, що ряд заходів, які би мали сприяти поширенню практик ОЖЦ в Україні вже реалізовано: діють стандарти ISO 14040 (2013 р.), прийнято закони Про оцінку впливу на довкілля та Про стратегічну екологічну оцінку [23; 24], які прямо чи опосередковано стимулюють впровадження ОЖЦ. Втім, відсутність належних знань та навичок з ОЖЦ, перетворюють діяльність з оцінки впливу на довкілля на сферу інтересів вузького кола спеціалістів, а результати такої оцінки мало враховуються в управлінській практиці, виступаючи, скоріше, елементом дозвільної процедури.

**Висновки.** Результати дослідження свідчать про те, що ОЖЦ сьогодні є більш ніж просто методом оцінки та інструментом екологічного управління. Це – універсальна методологія прийняття управлінських рішень з урахуванням екологічних, економічних, соці-

альних ефектів, яка характеризується інституційним оформленням, наявністю стандартизованих процедур, розвинутого методичного апарату та засобів автоматизації обчислень. Розвинувшись з ряду бізнес-кейсів, виконаних у пошуках енергоощадних рішень у 60-ті роки ХХ ст., результати ОЖЦ сьогодні стають чинником конкурентоспроможності у розвинених країнах (в контексті функціонування сталих ланцюгів постачань, участі у державних закупівлях). При цьому у розвинених країнах зелені закупівлі та будівельна галузь розглядаються як такі, що здатні виступити локомотивами поширення ОЖЦ в інших сферах. В Україні ж процедури ОЖЦ є мало поширеними у бізнес практиці та в діяльності публічних інституцій. Наявні дослідження, здійснювані, переважно, у технічних науках, мають суто прикладний характер та стосуються лише деяких виробничих процесів. Втім, євроінтеграційний вибір України вимагає поширення практик ОЖЦ серед вітчизняного бізнесу та організацій різних сфер діяльності. Головною перешкодою цьому є нерозвиненість знаннєвої складової, адаптованих до вітчизняних умов методик та засобів автоматизації обчислень. Отже, подальші дослідження можуть бути присвячені деталізації змісту, процедур та методології ОЖЦ з урахуванням вітчизняних умов, пошуку інструментів стимулювання застосування відповідних оцінок в бізнесі та публічному управлінні.

**Подяки.** Дослідження виконано в рамках проекту, співфінансованого ЄС: «EU best practice of life cycle assessment, social, environmental accounting and sustainability reporting» 101047667-ERASMUS-JMO-2021-MODULE [25].

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Mazzi A. Introduction. Life cycle thinking. In J. Ren, S. Toniolo (Eds.). *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making*. Elsevier, 2020. P. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818355-7.00001-4>.
2. Guinée J. B., Heijungs R., Huppes G., Zamagni A., Masoni P., Buonamici R., Ekvall T., Rydberg T. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environmental Science & Technology*. 2011. № 45(1). P. 90–96. DOI: <https://doi.org/10.1021/es101316v>.
3. Матухно О. В., Шматков Г. Г., Белоконь К. В., Сибір А. В. Дослідження екологічної безпеки металургійного виробництва методом оцінки життєвого циклу. *Екологічні науки*. 2019. № 2(29). С. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.5>.
4. Кеуш Л. Г., Коверя А. С. Оцінка життєвого циклу наноматеріалів та їхній вплив на навколишнє середовище. *Екологічні науки*. 2020. № 2(29). Т.2. С. 119–125. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.19>.
5. Матіс Є. О., Крот О. П. Метод оцінки життєвого циклу продукту як ефективний комплекс дій щодо екобезпеки хімічної галузі. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2021. № 9(1). С. 52–57. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2021.1.8>.

6. Сагдєєва О. А., Крусір Г. В., Цикало А. Л. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів. *Екологічна безпека*. 2018. № 1(25). С. 75–83. DOI: <https://doi.org/10.30929/2073-5057.2018.1.75-83>.
7. Лебеденко Т. Є., Крусір Г. В., Соколова В. І., Шунько Г. С. Оцінка життєвого циклу готельно-ресторанного комплексу. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки*. 2021. № 62. С. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1205-2021-62-04>.
8. Одноріг З. С., Тимчук І. С., Жидун В. І. Використання SimaPro 8 для порівняльного аналізу впливу різних типів автомобілів на довкілля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. № 28(11). С. 64–67. DOI: <https://doi.org/10.15421/40281112>.
9. Гелетука Г. Г., Гайдай О. І. Енергетичний та екологічний аналіз життєвого циклу енергетичного використання поживних решток кукурудзи. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2021. № 1(43). С. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.6>.
10. Матіс Є. О. Аналіз програмного забезпечення оцінки екологічності об'єктів навколишнього природного середовища. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2022. № 1. С. 79–85. DOI: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-13>.
11. Коблянська І. І., Ковальова О. М. Планування інновацій з урахуванням екологічних аспектів: огляд сучасних програмних продуктів. *Інфраструктура ринку*. 2021. № 58. С. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastruct58-9>.
12. Бендюг В. І., Комариста Б. М. Життєвий цикл продукту та оцінювання енергетичних витрат. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія*. 2018. № 35 (1311). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0821.2018.35.01>.
13. Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking. Communication from the commission to the council and the European parliament # COM(2003) 302, 18.06.2003. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:en:PDF> (дата звернення: 12.08.2022).
14. International Standard Organisation. URL: <https://www.iso.org/home.html> (дата звернення: 12.08.2022).
15. Life cycle initiative. URL: <https://www.lifecycleinitiative.org/> (дата звернення: 12.08.2022).
16. European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA). URL: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcd.html> (дата звернення: 12.08.2022).
17. Sala S. Life Cycle Assessment and Evaluation of Solutions Toward Sustainable Development Goals. In: Leal Filho W., Marisa Azul A., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (eds). *Partnerships for the Goals. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Cham: Springer, 2021. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95963-4\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95963-4_33).
18. Domjan S., Arkar C., Fink R., Medved S. Evaluation of Energy Efficiency of Buildings Based on LCA and LCC Assessment: Method, Computer Tool, and Case Studies. In D. Bienvenido-Huertas (Ed.). *Nearly Zero Energy Building (NZEB) – Materials, Design and New Approaches*. IntechOpen, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.101820>.
19. Santillán-Saldivar J., Gemechu E., Muller S., Villeneuve J., Young S. B., Sonnemann G. An improved resource midpoint characterization method for supply risk of resources: integrated assessment of Li-ion batteries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2022. № 27 (3). P. 457–468. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02027-y>.
20. Hofbauer B., Tisch A., Schreiber H. Study on the implementation of life cycle assessment and environmental footprint methods in the context of public procurement: final report. 2021. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/74025> (дата звернення: 12.08.2022).
21. European Commission. Making sustainable consumption and production a reality : a guide for business and policy makers to Life Cycle Thinking and Assessment. 2010. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/91521> (дата звернення: 12.08.2022).
22. ДСТУ ISO 14040:2013. Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO 14040:2006, IDT). URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=70997](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70997) (дата звернення: 12.08.2022).
23. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 12.08.2022).
24. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 12.08.2022).
25. EU Lasting: EU best practice of life cycle assessment, social, environmental accounting and sustainability reporting. Project # 101047667-ERASMUS-JMO-2021-MODULE. URL: <https://jm.snau.edu.ua/en/eu-best-practice-of-life-cycle-assessment-social-environmental-accounting-and-sustainability-reporting/> (дата звернення: 12.08.2022).

## REFERENCES:

1. Mazzi A. (2020) Introduction. Life cycle thinking. In J. Ren, S. Toniolo (Eds.) *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making*. Elsevier, pp. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818355-7.00001-4>.
2. Guinée J. B., Heijungs R., Huppes G., Zamagni A., Masoni P., Buonamici R., Ekvall T., Rydberg T. (2011) Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. *Environmental Science & Technology*, no. 45(1), pp. 90–96. DOI: <https://doi.org/10.1021/es101316v>.
3. Matukhno O. V., Shmatkov H. H., Bielokon K. V., Sybir A. V. (2019) Doslidzhennia ekolohichnoi bezpeky metalurhiinoho vyrobnytstva metodom otsinky zhyttievoho tsyклу [Study of the environmental safety of metallurgical production by the life cycle assessment method]. *Ekolohichni nauky*, no. 2(29), pp. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.1.5>. (in Ukrainian)
4. Kieush L. H., Koveria A. S. (2020) Otsinka zhyttievoho tsyклу nanomaterialiv ta yikhniy vplyv na navkolyshnie seredovyshe [Life cycle assessment of nanomaterials and their impact on the environment]. *Ekolohichni nauky*, no. 2(29), pp. 119–125. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.2-29.2.19>. (in Ukrainian)
5. Matis Ye. O., Krot O. P. (2021) Metod otsinky zhyttievoho tsyклу produktu yak efektyvnyi kompleks dii shchodo ekobezpeky khimichnoi haluzi [Product life cycle assessment method as an effective complex of actions regarding the eco-safety of the chemical industry]. *Naukovo-tehnichniy zhurnal «Tekhnohenko-ekolohichna bezpeka»*, no. 9(1), pp. 52–57. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2021.1.8>. (in Ukrainian)
6. Sagdeeva O. A., Krusir H. V., Tsykalo A. L. (2018) Otsinka rivnia ekolohichnoi nebezpeky zvalyshch tverdykh munitsypalnykh vidkhodiv [The assessment of the ecological safety level of the solid municipal waste landfills]. *Ekolohichna bezpeka*, no. 1(25), pp. 75–83. DOI: <https://doi.org/10.30929/2073-5057.2018.1.75-83>. (in Ukrainian)
7. Lebedenko T. Ie., Krusir H. V., Sokolova V. I., Shunko H. S. (2021) Otsinka zhyttievoho tsyклу hotelno-restorannoho kompleksu [Life cycle assessment of the hotel-restaurant complex]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnogo universytetu. Ekonomichni nauky*, no. 62, pp. 32–37. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1205-2021-62-04>. (in Ukrainian)
8. Odnorih Z. S., Tymchuk I. S., Zhydun V. I. (2018) Vykorystannia SimaPro 8 dlia porivnialnogo analizu vplyvu riznykh typiv avtomobiliv na dovkillia [Use of SimaPro 8 for comparative analysis of the influence of different vehicle types on the environment]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, no. 28(11), pp. 64–67. DOI: <https://doi.org/10.15421/40281112>. (in Ukrainian)
9. Heletukha H. H., Haidai O. I. (2021) Enerhetychni ta ekolohichni analiz zhyttievoho tsyклу enerhetychnoho vykorystannia pozhnyvnykh reshtok kukurudzy [Energy and ecological analysis of the life cycle of energy use of maize crop residues]. *Teplofizyka ta teploenerhetyka*, no. 1(43), pp. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.1.2021.6>. (in Ukrainian)
10. Matis Ye. O. (2022) Analiz prohramnogo zabezpechennia otsinky ekolohichnosti ob'ektiv navkolyshnogo pryrodnoho seredovyscha [Software analysis of the environmental friendliness assessment of the environmental objects]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli*, no. 1, pp. 79–85. DOI: <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2022-1-13>. (in Ukrainian)
11. Koblianska I. I., Kovalova O. M. (2021) Planuvannia innovatsii z urakhuvanniam ekolohichnykh aspektiv: ohliad suchasnykh prohramnykh produktiv [Planning innovations taking into account environmental aspects: a review of modern software products]. *Infrastruktura rynku*, no. 58, pp. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastructure58-9>. (in Ukrainian)
12. Bendiuh V.I., Komarysta B.M. (2018) Zhyttievyy tsykl produktu ta otsiniuvannia enerhetychnykh vytrat [Product lifecycle and estimation of energy consumption]. *Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu «KhPI». Seriya: Khimiia, khimichna tekhnolohiia ta ekolohiia*, no. 35(1311), pp. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0821.2018.35.01> (in Ukrainian)
13. Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking. (2003) Communication from the commission to the council and the European parliament # COM(2003) 302, 18.06.2003. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:en:PDF> (accessed August 12, 2022).
14. International Standard Organisation. Available at: <https://www.iso.org/home.html> (accessed August 12, 2022).
15. Life cycle initiative. Available at: <https://www.lifecycleinitiative.org/> (accessed August 12, 2022).
16. European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA). Available at: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcd.html> (accessed August 12, 2022).
17. Sala S. (2021) Life Cycle Assessment and Evaluation of Solutions Toward Sustainable Development Goals. In: Leal Filho W., Marisa Azul A., Brandli L., Lange Salvia A., Wall T. (Eds). *Partnerships for the Goals. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. Cham: Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95963-4\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95963-4_33).

18. Domjan S., Arkar C., Fink R., Medved S. (2022) Evaluation of Energy Efficiency of Buildings Based on LCA and LCC Assessment: Method, Computer Tool, and Case Studies. In D. Bienvenido-Huertas (Ed.). *Nearly Zero Energy Building (NZEB) – Materials, Design and New Approaches*. IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.101820>.
19. Santillán-Saldivar, J., Gemechu, E., Muller, S., Villeneuve, J., Young, S. B., & Sonnemann, G. (2022) An improved resource midpoint characterization method for supply risk of resources: integrated assessment of Li-ion batteries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, no. 27 (3), pp. 457–468. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02027-y>.
20. Hofbauer B., Tisch A., Schreiber H. (2021) Study on the implementation of life cycle assessment and environmental footprint methods in the context of public procurement: final report. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/74025> (accessed August 12, 2022).
21. European Commission. (2010) Making sustainable consumption and production a reality: a guide for business and policy makers to Life Cycle Thinking and Assessment. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/91521> (accessed August 12, 2022).
22. DSTU ISO 14040:2013 Ekologichne upravlinnia. Otsiniuvannia zhyttievoho tsyklu. Pryntsypy ta struktura (ISO 14040:2006, IDT) [Environmental management. Life cycle assessment. Principles and structure]. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=70997](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70997) (accessed August 12, 2022). (in Ukrainian)
23. Pro otsinku vplyvu na dovkillia [On environmental impact assessment]. Zakon Ukrainy from 23.05.2017 # 2059-VIII Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>. (in Ukrainian)
24. Pro stratehichnu ekolohichnu otsinku [On strategic environmental assessment]. Zakon Ukrainy from 20.03.2018 # 2354-VIII. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (accessed August 12, 2022). (in Ukrainian)
25. EULasting: EU best practice of life cycle assessment, social, environmental accounting and sustainability reporting. # 101047667-ERASMUS-JMO-2021-MODULE. Available at: <https://jm.snau.edu.ua/en/eu-best-practice-of-life-cycle-assessment-social-environmental-accounting-and-sustainability-reporting> (accessed August 12, 2022).