

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР ІНДУСТРІАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ РОЗВИТКУ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПЕРЕПЕЛІЦІН ГРИГОРІЙ БОРИСОВИЧ

УДК 338.012(338.4)

ДИСЕРТАЦІЯ
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ДЕРЕВООБРОБНОЇ
ГАЛУЗІ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

Спеціальність 073 «Менеджмент»

Галузь знань 07 «Управління та адміністрування»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело

_____ Г. Б. Перепеліцин

Науковий керівник: Крячко Євген Миколайович, кандидат економічних наук

АНОТАЦІЯ

Перепелицин Г. Б. Теоретичні аспекти управління розвитком деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент», галузь знань 07 «Управління та адміністрування». – Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, Харків, 2026.

Дисертаційне дослідження присвячено обґрунтуванню теоретико-методичних засад і розробці практичних рекомендацій щодо управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Необхідність модернізації управлінських підходів зумовлена відносно низькою лісистістю України (17,5%), зростанням попиту на деревину у світі, невизначеністю зовнішнього середовища під впливом воєнних дій та одночасних трансформацій, пов'язаних з інтеграцією в європейський економічний простір, що актуалізує завдання балансування економічних інтересів підприємств деревообробної галузі з імперативами сталого розвитку та відтворення ресурсно-екологічного потенціалу країни. У цьому контексті концепція циркулярної економіки, що базується на принципах каскадного використання деревини, закриття матеріальних циклів, інтенсифікації переробки відходів, виступає фундаментальною основою для забезпечення довгострокової конкурентоспроможності та еколого-економічної стійкості галузі.

У першому розділі роботи узагальнено теоретичні підходи до впровадження циркулярного підходу в деревообробній галузі; оцінено динаміку світового та українського ринків продукції деревообробної галузі; запропоновано організаційний підхід до обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

У дисертаційній роботі розглянуто еволюцію наукових поглядів на сутність циркулярної економіки. Наведено порівняльну характеристику

ключових термінів циркулярної економіки: циркулярний підхід, замкнені цикли, промисловий симбіоз, циркулярна бізнес-модель, вторинна сировина, екодизайн.

Визначено, що циркулярна економіка є багаторівневою системою, у межах якої стратегічні орієнтири розвитку деревообробної галузі реалізуються через циркулярний підхід шляхом впровадження циркулярних бізнес-моделей.

Доведено доцільність впровадження каскадування у деревообробній галузі. Узагальнено чинники, що впливають на впровадження каскадно-циркулярного підходу в деревообробній галузі: політичні, економічні, технологічні й екологічні.

Здійснено порівняння динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі за показниками: обсяг виробництва, експорт, імпорт, внутрішнє споживання, експортоорієнтованість та імпортозалежність. Визначено, що за аналізований період відбулося суттєве зниження обсягів ринків продукції деревообробної галузі України з низькою часткою доданої вартості та помірне зростання обсягів ринків продукції з високою часткою доданої вартості.

Ідентифіковано основні змістовні детермінанти управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Запропоновано організаційний підхід до обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що включає: ідентифікацію основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі; оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу; обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що дозволяє формалізувати процес ухвалення управлінських рішень щодо впровадження каскадно-циркулярного підходу.

У другому розділі роботи оцінено рівень каскадності деревообробної галузі України та країн світу, який включає оцінку первинної та вторинної переробки деревини, а також енергетичного використання біомаси в Україні та країнах світу; розроблено методичний підхід до інтегрального оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі країн світу; розроблено методичний підхід до

обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України.

Розроблено структурно-логічну схему оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності, яка поєднує такі елементи: ресурси, матеріали, первинну переробку деревини, вторинну переробку деревини, енергетичне використання біомаси.

Визначено, що деревообробна галузь України має досить високий рівень показників, що характеризують початок каскадного використання деревини, проте має низький рівень показників етапу вторинної переробки. Перехід деревообробної галузі України до повноцінної каскадної моделі потребує структурного збалансування та підвищення ефективності використання ресурсів, зокрема шляхом збільшення частки матеріального використання, поглиблення переробки та підвищення частки залучення вторинних ресурсів у виробництво.

Отримав подальшого розвитку методичний підхід до інтегральної оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу, який передбачає її проведення за такими складовими: сталість ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси, що дає змогу визначити диспропорції між матеріальними та енергетичними каскадами в деревообробній галузі.

Визначено, що Україна зі значенням інтегрального показника 0,2870 посіла 24-те місце серед 36 досліджуваних країн та увійшла до групи країн із низьким рівнем каскадності деревообробної галузі.

Розроблено методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України, що поєднує міжгалузеве моделювання, матричний аналіз прямих і повних витрат та операціоналізацію R–принципів циркулярної економіки, забезпечуючи кількісну верифікацію переходу від лінійних, витратних моделей до структурно стійких циркулярних підходів.

У третьому розділі роботи визначено шляхи інтенсифікації використання відходів з деревини; обґрунтовано вибір пріоритетів розвитку деревообробної галузі України за матеріальним каскадом; здійснено класифікацію циркулярних бізнес-моделей в деревообробній галузі за видом каскаду.

Деревина та продукти її переробки є найбільш поширеними видами палива з біомаси. Проведене дослідження показало, що в Україні необхідно інтенсифікувати переробку відходів з деревини на найнижчому (енергетичному) каскаді, що дозволить забезпечити енергетичну безпеку та децентралізацію генерації, а також зменшити обсяги відходів, що утилізуються на звалищах.

Запропоновано організаційний підхід до формування напрямів підвищення використання деревини як джерела енергії в Україні, який включає послідовність етапів: оцінку стану світового лісового господарства країн світу, визначення ступеня використання енергетичного потенціалу деревини в світі та Україні, розробку сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

Визначено, що реалізація сценарію місцевої переробки паливної деревини та відходів лісопильного й деревообробного виробництва на паливні пелети, брикети та інші агломерати сприяє підвищенню енергетичної безпеки, створює додаткові робочі місця та розвиває малий бізнес.

Запропоновано виробничо-продуктову схему циркулярного підходу в деревообробній галузі України, яка містить усі етапи переробки деревини: заготівлю, первинну та вторинну переробку, спалювання і отримання теплової енергії.

Вдосконалено методичний підхід до оцінки конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн світу в розрізі рівнів каскадного використання деревини (технологічних переділів).

Запропоновано структурно-логічну схему оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни, яка складається з: інтегральної оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни, комплексних

показників, індексів RCA та СТВ, розрахованих для продукції деревообробної галузі в розрізі рівнів каскаду.

Визначено, що конкурентоспроможність продукції деревообробної галузі країни загалом має досить значний рівень (11-те місце серед 36 досліджуваних країн світу). Однак досягнутий рівень ґрунтується на високій конкурентоспроможності продукції, що входить до низького та середнього рівнів каскадного використання деревини.

Визначено, що циркулярні бізнес-моделі є ключовим елементом концепції циркулярної економіки; вони передбачають організаційно-економічний рівень реалізації циркулярності в обробній промисловості. Узагальнено особливості застосування циркулярних бізнес-моделей: циркулярних ланцюгів постачання, відновлення ресурсів, подовження життєвого циклу продукту, платформи спільного використання, «продукт як послуга», дизайн без відходів. Здійснено класифікацію циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі за типом каскаду.

Узагальнено бар'єри для застосування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній промисловості України (нормативно-правові, технічні, економічні, соціально-культурні) та визначено шляхи їх подолання.

Ключові слова: циркулярна економіка, деревообробна галузь, переробна промисловість, циркулярна бізнес-модель, конкурентоспроможність продукції, каскадно-циркулярний підхід, відходи деревини, життєвий цикл, ресурсний цикл, ресурсозбереження, стратегічне управління, сталий розвиток, енергетичний потенціал, інновації

ABSTRACT

Perepelitsyn G. B. Theoretical Aspects of Managing the Development of Ukraine's Woodworking Industry Based on the Principles of the Circular Economy. – Qualifying scientific work on the rights of manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 073 «Management» (07 «Management and Administration») – Research Center for Industrial Development Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, 2026.

This dissertation is devoted to establishing the theoretical and methodological foundations and developing practical recommendations for managing the development of the woodworking industry based on the principles of the circular economy.

The need to modernize management approaches stems from Ukraine's relatively low forest cover (17.5%), the growing global demand for wood, and the uncertainty of the external environment influenced by military actions and simultaneous transformations associated with integration into the European economic space. This makes it imperative to balance the economic interests of enterprises in the woodworking industry with the imperatives of sustainable development and the restoration of the country's resource and environmental potential. In this context, the concept of a circular economy—based on the principles of cascading wood use, closing material loops, and intensifying waste processing – serves as the fundamental basis for ensuring the industry's long-term competitiveness and ecological and economic sustainability.

The first chapter of this thesis summarizes theoretical approaches to implementing a circular approach in the woodworking industry; assesses trends in the global and Ukrainian markets for woodworking products; and proposes an organizational approach to identifying development directions for the woodworking industry based on the principles of the circular economy.

The dissertation examines the evolution of scientific views on the nature of the circular economy. It provides a comparative analysis of key terms in the circular economy: the circular approach, closed loops, industrial symbiosis, the circular business model, secondary raw materials, and eco-design.

It is determined that the circular economy is a multi-level system within which the strategic development goals of the woodworking industry are achieved through a circular approach by implementing circular business models.

The feasibility of implementing cascading in the woodworking industry has been demonstrated. The factors influencing the implementation of a cascading-circular approach in the woodworking industry – political, economic, technological, and environmental – have been summarized.

A comparison was conducted of trends in the global and Ukrainian woodworking industry markets based on the following indicators: production volume, exports, imports, domestic consumption, export orientation, and import dependence. It was determined that, during the period under review, there was a significant decline in the volume of Ukraine's woodworking industry markets with a low share of value added and a moderate growth in markets for products with a high share of value added.

The key substantive determinants for managing the development of the woodworking industry based on the principles of the circular economy were identified.

An organizational approach is proposed to justify the development directions of Ukraine's woodworking industry based on the principles of the circular economy, which includes: identifying the main substantive determinants of circularity in the woodworking industry; assessing the level of cascading in the woodworking industry in Ukraine and other countries; and justifying the development directions for Ukraine's woodworking industry based on the circular economy, which allows for the formalization of the managerial decision-making process regarding the implementation of a cascading-circular approach.

The second chapter of this work assesses the state of the woodworking industry in Ukraine and around the world, including an evaluation of primary wood processing, secondary wood processing, and the use of biomass for energy in Ukraine and other countries; it also develops a methodological approach for the comprehensive assessment of the level of cascading in the woodworking industry worldwide.

A structural-logical diagram for assessing the state of the woodworking industry in Ukraine and around the world based on cascading circularity has been developed, combining the following elements: resources, materials, primary wood processing, secondary wood processing, and the use of biomass for energy.

It has been determined that Ukraine's woodworking industry has relatively high indicators characterizing the beginning of cascading wood utilization, but has low indicators for the secondary processing stage. The transition of Ukraine's woodworking industry to a fully-fledged cascade model requires structural rebalancing and improved resource efficiency, in particular by increasing the share of material utilization, deepening processing, and increasing the share of secondary resources in production.

The methodological approach to the comprehensive assessment of the level of cascading in the woodworking industries of countries around the world has been further developed; this approach involves evaluating the following components: the sustainability of the resource base, the efficiency of primary wood processing, the use of secondary and recovered raw materials, and the energy use of biomass, which allows for the identification of imbalances between the material and energy cascades in the woodworking industry.

It was determined that Ukraine, with an integrated index value of 0.2870, ranked 24th among the 36 countries studied and was classified as a country with a low level of cascading in the woodworking industry.

The third chapter of this thesis identifies ways to intensify the use of wood waste; justifies the selection of priorities for the development of Ukraine's woodworking industry based on the material cascade; and classifies circular business models in the woodworking industry by cascade type.

Wood and wood-based products are the most common types of biomass fuel. The study showed that Ukraine needs to intensify the processing of wood waste at the lowest (energy) cascade, which will ensure energy security and decentralize power generation, as well as reduce the volume of waste disposed of in landfills.

An organizational approach is proposed for developing strategies to increase the use of wood as an energy source in Ukraine, which includes the following sequence of steps: assessing the state of the global forestry sector, determining the extent to which wood's energy potential is utilized worldwide and in Ukraine, and developing a scenario for increasing the use of wood's fuel potential in Ukraine.

It has been determined that implementing a scenario for the local processing of fuel wood and waste from sawmills and woodworking industries into fuel pellets, briquettes, and other agglomerates contributes to enhancing energy security, creates additional jobs, and promotes the development of small businesses.

A production-and-product scheme for a circular approach in Ukraine's woodworking industry is proposed, which includes all stages of wood processing: timber harvesting, primary and secondary processing, combustion, and heat generation.

The methodological approach to assessing the competitiveness of woodworking industry products in Ukraine and other countries has been refined in terms of the levels of cascading wood utilization (technological stages).

A structural-logical framework for assessing the competitive advantages of the country's woodworking industry products is proposed, consisting of: an integrated assessment of the competitive advantages of the country's woodworking industry products; comprehensive indicators; and the RCA and CTB indices calculated for woodworking industry products by cascade level.

It has been determined that the competitiveness of the country's woodworking industry products as a whole is at a fairly high level (11th place among the 36 countries studied worldwide). However, this level is based on high levels of competitiveness for products falling within the low and medium levels of cascading wood utilization.

It has been determined that circular business models are a key element of the circular economy concept; they provide for the organizational and economic implementation of circularity in the manufacturing industry. The paper summarizes the characteristics of circular business models, including circular supply chains, resource recovery, product life cycle extension, sharing platforms, "product as a service," and waste-free design. A classification of circular business models in the woodworking industry based on cascade type has been developed.

The barriers to the application of circular business models in Ukraine's woodworking industry (regulatory, technical, economic, and sociocultural) are summarized, and ways to overcome them are identified.

Key words: circular economy, woodworking industry, processing industry, circular business model, product competitiveness, cascade-circular approach, wood waste, life cycle, resource cycle, resource conservation, strategic management, sustainable development, energy potential, innovations

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Перепеліцин Г. Б. Аналіз контекстуальних і часових закономірностей розвитку поглядів на розвиток циркулярної економіки // Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти : кол. моногр. / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми: Сумський державний університет, 2023. С. 124–132. (0,9 ум. друк. арк.).

Посилання: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e10b8ee5-ae0b-457a-adbe-29b15f997c76/content>

2. Hubarieva, I., Poliakova, O., Kriachko, Y., Kharchenko, R., **Perepelitsyn, G.** (2027). Increasing the Efficiency of Using the Energy Potential of Wood: Solutions for Ukraine. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy VIII. Studies in Systems, Decision and Control, vol 688. Springer, Cham. (1,0/0,3 друк. арк) (Scopus)

DOI: 10.1007/978-3-032-30580-0_15

Посилання: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-30580-0_15

Особистий внесок: визначено напрями інтенсифікації переробки відходів з деревини, розроблено сценарій підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

Публікації в наукових виданнях України, що входять до переліку фахових видань:

3. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Обґрунтування стратегічних напрямів розвитку деревообробної промисловості країн світу. *Проблеми економіки*. 2022. № 3. С. 4–11. (0,8/0,4 ум. друк. арк.)

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-4-11>

Посилання: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2022-3_0-pages-4_11.pdf

Особистий внесок: здійснено інтегральне оцінювання сировинного потенціалу деревообробної промисловості країн світу за складовими: лісистість території, запаси деревостану, загальний обсяг виготовлення деревини, обсяг виготовлення ділової деревини, що дозволило визначити рівень і диспропорції розвитку забезпечення сировиною деревообробної промисловості країн світу.

4. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної промисловості. *Проблеми економіки*. 2023. № 1. С. 32–41. (0,8/0,4 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-1-32-41>

Посилання: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2023-1_0-pages-32_41.pdf

Особистий внесок: здійснено порівняння динаміки світового й українського ринків продукції деревообробної промисловості за показниками: обсяг виробництва, експорт, імпорт, внутрішнє споживання, експортоорієнтованість та імпортозалежність.

5. Гриценко Л. Л., Кожушко І. О., Чепурко В. О., Перепеліцин Г. Б. Ризик-орієнтоване управління в системі економічної безпеки корпоративного підприємства. *Бізнес Інформ*. 2023. № 8. С. 281–288. (0,9/0,2 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-281-288>

Посилання: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2023-8_0-pages-281_288.pdf

Особистий внесок: узагальнено методологічні засади управління економічною безпекою підприємства на засадах ризик-орієнтованого підходу

6. Губарева І. О., Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка конкурентоспроможності ЛПК України та країн світу в контексті доданої вартості. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. (0,9/0,3 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-47>

Посилання:

<https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4572>

Особистий внесок: запропоновано методичний підхід до оцінки конкурентоспроможності ЛПК України та країн світу з урахуванням рівнів доданої вартості продукції.

7. Губарева І. О., Колбасін Є. С., Філатова Т. А., Юденко Є. В., Перепеліцин Г. Б. Ідентифікація кластерів лісопромислового комплексу в регіонах України. *Бізнес Інформ*. 2024. № 11. С. 140–154. (1,0/0,2 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-11-140-154>

Посилання: [https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-11_0-pages-140_154.pdf)

[2024-11_0-pages-140_154.pdf](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-11_0-pages-140_154.pdf)

Особистий внесок: здійснено оцінку масштабності та значущості ЛПК регіонів країни та позиціонування регіонів країни у площині координат «Масштабність – Значущість ЛПК», оцінено обсяги вивозу деревини та лісистість територій регіонів України з подальшим їх позиціонуванням у матриці в координатах «Обсяг вивезення деревини – Лісистість території».

8. Перепеліцин Г. Б. Оцінка рівня каскадного використання деревини в Україні та країнах світу. *Бізнес Інформ*. 2026. № 2. С. 167–178. (0,8 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-2-167-178>

Посилання: [https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2026-2_0-pages-167_178.pdf)
[2026-2_0-pages-167_178.pdf](https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2026-2_0-pages-167_178.pdf)

Публікації апробаційного характеру:

9. Перепеліцин Г. Б. Стан і тенденції дослідження проблеми циркулярної економіки в світі // Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу : Міжнар. наук.-практ. конф., секція 1: Біоекономіка і соціальні виклики у формуванні продовольчої безпеки та якості життя (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 273–275. (0,3 ум. друк. арк.).

Посилання: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/sekciya_1.pdf

10. Губарева І. О., **Перепеліцин Г. Б.**, Марущенко О. О. Цифровізація бізнес-процесів підприємства // Modernization of today's science: experience and trends : collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, August 18, 2024. Singapore, Republic of Singapore : International Center of Scientific Research. С. 15–17. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-16.08.2024>

Посилання:

<https://previous.scientia.report/index.php/archive/issue/view/16.08.2024>

Особистий внесок: розроблено організаційний підхід до управління цифровізацією бізнес-процесів на підприємстві

11. **Перепеліцин Г. Б.**, Самойленко В. С., Марущенко О. О. Тенденції та напрями досліджень в сфері сталого розвитку // Science and society: modern trends in a changing world : Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Р. 21–27. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: <https://sci-conf.com.ua/x-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scienceand-society-modern-trends-in-a-changing-world-2-4-09-2024-viden-avstriya-arhiv/>

Особистий внесок: сформовано методологію бібліометричного аналізу напрямів наукових досліджень у сфері сталого розвитку на основі публікацій у виданнях, індексованих у Scopus, та відповідно до неї проведено дослідні процедури з використанням інструментарію VOSviewer.

12. Колбасін Є. С., **Перепеліцин Г. Б.** Кластеризація лісопромислового комплексу в регіонах України // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 листопада 2024 р. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2024. С. 304–307. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: https://www.business-inform.net/downloads/tezy-konkurentospromozhnist-ta-innovatsiji-11_2024.pdf

Особистий внесок: проаналізовано сформовані регіональні кластери України, пов'язані з переробкою лісової сировини.

13. Губарева І. О., **Перепеліцин Г. Б.** Сценарії розвитку деревообробної промисловості України у повоєнний період // Тенденції та перспективи розвитку менеджменту в умовах глобальних викликів : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (30 трав. 2025 р., м. Херсон – Кропивницький). 2025. С. 170–172. (0,2/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2025/08/IV_International_conf-2025_2.pdf

Особистий внесок: сформовано сценарії розвитку деревообробної промисловості України у повоєнний період.

ЗМІСТ

ВСТУП	18
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ	25
1.1. Теоретичні підходи до впровадження каскадно-циркулярного підходу в деревообробній галузі	25
1.2. Оцінка динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі	39
1.3. Обґрунтування пріоритетів розвитку деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки	54
Висновки до розділу 1	63
Список використаних джерел до розділу 1	65
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА РІВНЯ КАСКАДНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА КРАЇН СВІТУ	73
2.1. Оцінка стану переробки деревини в Україні та країнах світу	73
2.2. Оцінка рівня каскадного використання деревини в Україні та країнах світу	100
2.3. Методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України	116
Висновки до розділу 2	150
Список використаних джерел до розділу 2	153
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ	158
3.1. Шляхи підвищення ефективності використання відходів з деревини	158

3.2. Обґрунтування вибору пріоритетів розвитку деревообробної галузі України за матеріальним каскадом	173
3.3. Формування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі	187
Висновки до розділу 3	198
Список використаних джерел до розділу 3	200
ВИСНОВКИ	209
ДОДАТКИ	216

ВСТУП

Актуальність теми. Деревообробна галузь посідає важливе місце у структурі лісопромислового комплексу України. Вона має значний експортний потенціал. У контексті інтеграції України до європейського економічного простору та необхідності забезпечення сталого розвитку питання управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки набуває особливої актуальності.

Рівень лісистості України – 17,4 %, що є нижчим за середньоєвропейський. Україна має обмежені первинні лісові ресурси порівняно з Фінляндією, Швецією чи Польщею. Відносно низька лісистість України, зростання попиту на сировину суттєво загострили необхідність структурно-технологічної перебудови деревообробної галузі. У цьому контексті концепція циркулярної економіки, що базується на принципах каскадного використання деревини, закриття матеріальних циклів, інтенсифікації переробки відходів, виступає фундаментальною основою для забезпечення довгострокової конкурентоспроможності та еколого-економічної стійкості галузі. Впровадження каскадно-циркулярного підходу підприємствами деревообробної галузі передбачає переосмислення та трансформацію лінійної моделі, щоб зробити виробництво сталішим шляхом: зменшення споживання енергії, мінімізації відходів і зниження вуглецевого сліду виробничих процесів, подовження строку експлуатації виробів, а також сприяння повторному використанню виробів з деревини.

Вагомий внесок у розробку теоретико-методологічних основ формування циркулярної економіки зробили Н. Бокен (N. M. P. Bocken), Ф. Деккер (F. Dekker), М. Гайсдорфер (M. Geissdoerfer), П. Гізелліні (P. Ghisellini), Дж. Кірхер (J. Kirchherr), Дж. Корхонен (J. Korhonen), А. Мюррей (A. Murray), М. Тсенг (M. Tseng), Д. Райке (D. Reike) та ін.

Своєю чергою, розвиток промислового сектора в контексті циркулярної економіки є предметом досліджень таких учених, як Н. Гавкалова, І. Губарева, І. Іляш, М. Кизим, О. Кушніренко, Н. Попадинець, В. Прохорова, А. Руснак, І. Синякевич, Л. Созанський, Н. Трушкіна, Ю. Туниця, О. Фурдичко, О. Шаблій та ін.

Попри значну кількість наукових праць, присвячених питанням економіки лісокористування та циркулярних трансформацій промислового сектора, теоретико-методичні засади управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярності залишаються недостатньо опрацьованими. Зокрема, потребують поглиблення питання обґрунтування пріоритетів розвитку деревообробної галузі України, формування циркулярних бізнес-моделей, інтенсифікації переробки відходів з деревини.

Об'єктивна необхідність подолання суперечностей між значним ресурсно-сировинним потенціалом галузі та високою часткою низькопередільної продукції у її структурі, а також відсутність цілісного організаційно-управлінського підходу до реалізації циркулярних пріоритетів зумовили вибір теми дисертаційного дослідження, її актуальність, науково-теоретичне та практичне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідних робіт Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України за такими науково-дослідними темами: «Реструктуризація ланцюгів створення вартості в лісопромисловому комплексі України в повоєнний період» (номер державної реєстрації 0123U103154), у межах якої здобувачем оцінено динаміку світової заготівлі й експортно-імпортних операцій лісопромислового комплексу країн світу, розроблено методичний підхід до оцінки конкурентних переваг продукції лісопромислового комплексу України на світовому ринку; «Впровадження циркулярного підходу в секторах економіки» (номер державної реєстрації 0124U005146), у межах якої здобувачем обґрунтовано ключові дефініції впровадження циркулярного підходу в секторах економіки,

запропоновано методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України, що підтверджує актуальність та цінність його напрацювань. Вищенаведене підтверджує обґрунтованість, актуальність і цінність напрацювань, представлених у дисертаційній роботі.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є обґрунтування теоретико-методичних засад і розробка практичних рекомендацій з управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі здобувачем було сформульовано та вирішено низку наукових завдань, а саме:

узагальнити теоретичні підходи до впровадження каскадно-циркулярного підходу в деревообробній галузі;

оцінити стан деревообробної галузі України та країн світу;

здійснити інтегральну оцінку рівня каскадності деревообробної галузі країн світу;

визначити шляхи підвищення використання відходів із деревини;

оцінити конкурентоспроможність продукції деревообробної галузі країни в розрізі рівнів каскадного використання деревини;

визначити проблеми та перспективи формування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі;

обґрунтувати напрями структурних перетворень в деревообробній галузі України на засадах циркулярної економіки.

Об'єктом дослідження є процеси управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Предметом дослідження є теоретичні, науково-методичні та практичні засади управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Методологія і методи дослідження. У дисертаційній роботі використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема: *аналіз і синтез, індукцію та дедукцію* – для узагальнення теоретичних положень у сфері циркулярної економіки; *методи порівняльного та статистичного аналізів* – для

оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу та динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі; *метод мультиплікативної згортки* – для оцінювання інтегрального рівня каскадності деревообробної галузі країн світу та конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі; *регресійні моделі* – для розробки сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні; методи структурного аналізу – для обґрунтування пріоритетів розвитку деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки; *бібліометричного аналізу* – для ідентифікації драйверів управління деревообробною галуззю на засадах циркулярної економіки; *класифікації* – для визначення типології циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі; *кластерного аналізу* – для виокремлення груп країн світу за рівнем каскадного використання деревини, за значеннями комплексних показників оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі, *матричний метод* – для обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України.

Інформаційною базою дослідження є Конституція України, закони України, нормативно-правові акти Верховної Ради України, постанови Кабінету Міністрів України, матеріали Державної служби статистики України, статистична звітність і дані досліджень міжнародних організацій (Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), Організації економічного співробітництва і розвитку), дані міжнародних наукометричних баз Scopus і Web of Science, наукові публікації за тематикою дисертаційної роботи та суміжними з нею, інформаційні матеріали та звітність вітчизняних компаній, інтернет-ресурси та результати власних досліджень здобувача.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці теоретико-методичного забезпечення та практичних рекомендацій з управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки.

Найсуттєвішими теоретичними та практичними результатами, які характеризують наукову новизну дослідження та особистий внесок дисертанта, є такі:

удосконалено:

організаційний підхід до обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що включає: ідентифікацію основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі → оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу → обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що дозволяє формалізувати процес прийняття управлінських рішень щодо впровадження каскадно-циркулярного підходу;

методичний підхід до визначення напрямів інтенсифікації переробки відходів з деревини, який, на відміну від наявних, включає оцінку стану світового лісового господарства країн світу, визначення ступеня використання енергетичного потенціалу деревини в світі та Україні, розробку сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні, що дозволяє оптимізувати баланс залучення відходів з деревини в енергетичні та матеріальні цикли;

структурно-логічна схема оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності, яка, на відміну від наявних, охоплює повний цикл руху матеріальних ресурсів (ресурси, матеріали, первинна переробка деревини, вторинна переробка деревини, енергетичне використання біомаси), що дозволяє здійснити комплексний аналіз матеріальних та енергетичних потоків деревини;

набули подальшого розвитку:

методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України, що поєднує моделювання структури та потоків ресурсного циклу, матричний аналіз прямих і повних витрат та операціоналізацію R–принципів циркулярної економіки, забезпечуючи кількісну верифікацію переходу від лінійних, витратних моделей до структурно стійких циркулярних бізнес-моделей;

методичний підхід до оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країни та систему індикаторів, яка, на відміну від наявних, структурована за чотирма компонентами (сталість ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси), що дозволяє визначити диспропорції між матеріальними та енергетичними каскадами в деревообробному секторі;

методичний інструментарій для обґрунтування структурних трансформацій деревообробної галузі, що ґрунтується на виробничо-продуктивній схемі циркулярного підходу, передбачає інтегральну оцінку конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн світу, а також розрахунок індексів RCA та СТВ у розрізі рівнів каскадного використання деревини. Це дозволяє виявити точки зростання експортного потенціалу галузі завдяки переходу до вищих рівнів каскадування деревини.

Практичне значення одержаних результатів. Наукові результати дисертаційної роботи використані у роботі вітчизняних підприємств та організацій, зокрема: методичний підхід до оцінювання каскадного використання деревини використано у практичній діяльності ТОВ «Е.М.А.» (довідка № А26-025 від 20.03.2026 р.); науково-практичні рекомендації щодо оптимізації бізнес-процесів у деревообробній промисловості в умовах циркулярної економіки, оцінки стану переробки деревних відходів в Україні та країнах світу та розробки сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні використано у практичній діяльності Об'єднання промисловців і підприємців Харківської області – Регіонального відділення всеукраїнської громадської організації «Український союз промисловців і підприємців» (довідка від 25.05.2026 р.); методичний інструментарій до обґрунтування структурних трансформацій деревообробної галузі використано у практичній діяльності ТОВ «Кроноспан ЮА» (довідка № 01/01/23 від 03.01.2023 р.).

Апробація результатів роботи. Основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи обговорювалися на міжнародних науково-

практичних конференціях, зокрема: «Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу» (м. Київ, Україна, 2023 р.); «Modernization of today's science: experience and trends: collection of scientific papers» (м. Сінгапур, Республіка Сінгапур, 2024 р.); «Science and society: modern trends in a changing world» (м. Відень, Австрія, 2024 р.); «Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики» (м. Харків, Україна, 2024 р.); «Тенденції та перспективи розвитку менеджменту в умовах глобальних викликів» (м. Кропивницький, Україна, 2025 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею, у якій розроблено теоретико-методичні положення та практичні рекомендації щодо управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки. Усі наукові результати, викладені в дисертації, одержані автором самостійно та відображені в наукових публікаціях. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано лише ті ідеї, положення та розрахунки, що становлять індивідуальний внесок автора. Особистий внесок здобувача висвітлено у роботах, зазначених у списку наукових публікацій, опублікованих за темою дослідження.

Публікації основних положень дисертаційної роботи представлені в 13 наукових працях. Серед них: 2 розділи у колективних монографіях (серед яких одна індексується у базі Scopus); 6 статей (з них 1 одноосібна) у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 5 тез доповідей у матеріалах конференцій. Загальний обсяг публікацій складає 8,5 ум. друк. арк., з яких здобувачу належить 3,8 ум. друк. арк.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків наприкінці розділів і загальних висновків. Загальний текст дисертації складає 236 сторінок (9,8 авт. арк.), який включає 46 таблиць (2 з яких займають 2 сторінки) та 45 рисунків (1 з яких займає 1 сторінку). Списки використаних джерел налічують загалом 156 найменувань і викладені на 22 сторінках. Робота містить 5 додатків на 17 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

1.1. Теоретичні підходи до впровадження каскадно-циркулярного підходу в деревообробній галузі

Циркулярна економіка виступає альтернативою лінійній моделі економіки «видобуток – виробництво – споживання – утилізація», яка призводить до виснаження ресурсів, забруднення навколишнього середовища та накопичення відходів. Екологоорієнтовна модель циркулярної економіки, заснована на концепції сталого розвитку та головними інструментами якої є екологічні інновації й «зелені технології», має стати новою парадигмою розвитку промислового сектору України.

Поняття економіки замкнутого циклу було вперше запропоновано у 1990 р. економістами з Великої Британії D. W. Pearce, K.R. Turner [1].

В основі економіки замкнутого циклу (циркулярної економіки), лежить принцип 3R – Reduce (скорочення), Reuse (повторне використання), Recycle (переробка), а з часом вони трансформувалися в «R0-R9». Систему R-принципів було концептуалізовано у працях D. Reike, W. J. V. Vermeulen, S. Witjes [2], які запропонували ієрархічний підхід до управління матеріальними потоками на основі 9 стратегій (R-ієрархія R0-R9). Вона включає:

R0 – Refuse (відмова) – відмова від непотрібного споживання та зайвих матеріалів, попередження утворення відходів на стадії проєктування;

R1 – Reduce (скорочення) – зменшення обсягів використання ресурсів та енергії;

R2 – Reuse (повторне використання) – використання продукту повторно без значної обробки;

R3 – Repair (ремонт) – відновлення функціональності товару;

R4 – Refurbish (оновлення) – повернення товару до належного стану без повної переробки;

R5 – Remanufacture (ремануфактура) – повне відновлення виробу на рівні виробництва з гарантією;

R6 – Repurpose (перепрофілювання) – використання товару з іншою метою;

R7 – Recycle (переробка матеріалів) – перетворення матеріалів у вторинну сировину;

R8 – Recover (відновлення енергії) – рекуперація енергії з відходів;

R9 – Re-mine (повторний видобуток) – видобування корисних матеріалів зі звалищ відходів. R-принципи формують не окремі інструменти, а цілісну систему управління матеріальними ресурсами, що може адаптуватися до різних галузей промисловості.

У роботах (P. Ghisellini, C. Cialani, S. Ulgiati [3]; J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert [4]; V. Prieto-Sandoval, C. Jaca, M. Ormazabal [5]), розглядаючи основні принципи циркулярної економіки, вчені посиляються на R-рамки (тобто скорочення, повторне використання, переробка або повторне виробництво), а також пропонують ієрархію відходів, системний підхід, заснований на масштабах впровадження (тобто мікро-, мезо- та макро), стратегії сталого проєктування, виявляють взаємозв'язок циркулярної економіки з екоіноваціями.

Концепція циркулярної економіки, як зазначили В. Гурчкіна, М. Будзинська [6], заснована на вторинній переробці практично будь-якого товару, що проявляється на етапах планування та розробки товарів для забезпечення тривалого життєвого циклу і високого потенціалу конкурентоспроможності промислового підприємства для подальшого повторного використання, модернізації, відновлення та рециклінгу.

Теоретичні аспекти циркулярної економіки є предметом досліджень багатьох науковців у світі. Значну увагу вчені приділяють визначенню сутності циркулярної економіки та її зв'язку зі сталим розвитком. Наприклад, М.

Geissdoerfer та ін. [7] спрямували зусилля на усунення прогалин у розумінні сутності понять «циркулярна економіка» та «сталий розвиток».

J. Korhonen та ін. [8] визначають сутність поняття циркулярної економіки з точки зору сталого розвитку, а також проводять критичний аналіз концепції щодо екологічної сталості.

Нідерландські дослідники J. Kirchert та ін. [4] під циркулярною економікою розуміють економічну модель, орієнтовану на збереження цінності матеріалів, енергії та продукції упродовж максимально тривалого часу шляхом формування замкнених ресурсних циклів, мінімізації відходів і зменшення залежності від первинної сировини. Вчені зробили висновок, що циркулярну економіку недостатньо розглядати як поєднання заходів зі скорочення, повторного використання та переробки – вона вимагає системних змін.

N. M. P. Vocken та ін. [9] наголосили на необхідності переходу бізнесу від лінійної до циркулярної економіки. Циркулярна економіка – це модель виробництва та споживання, яка заохочує повторне використання, переробку та оновлення матеріалів і продуктів протягом усього їхнього життєвого циклу [10].

О. Шкуренко під циркулярною економікою розуміє інноваційну платформу сталого розвитку, зорієнтовану на зменшення кількості використовуваних ресурсів, упровадження повторного використання або замкненого циклу виробництва, модернізацію та оновлення, рециклінг, візуалізацію продукції для забезпечення тривалого життєвого циклу [11].

А. Швець переконаний, що циркулярна економіка є новою економічною моделлю, в якій головним є повторне використання матеріалів, а також створення доданої вартості за допомогою нових послуг та інтелектуальних рішень. Це впливає з потреби організувати виробництво так, щоб відходи одного ставали ресурсами для іншого виробництва, зводячи до мінімуму потребу в нових видах сировини [12].

Ключовими ознаками циркулярної моделі є максимізація життєвого циклу продукції, впровадження екодизайну, зменшення обсягів відходів, поява систем

збирання та повторного використання матеріалів, розвиток промислового симбіозу та перехід до сервісних моделей споживання [7; 13].

Розвиток концепції циркулярної економіки зумовив появу низки пов'язаних категорій, таких як циркулярна бізнес-модель, циркулярний підхід, замкнений цикл, промисловий симбіоз та ін., які деталізують різні рівні її впровадження (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика ключових термінів циркулярної економіки

Термін	Зміст (наукове визначення)	Ключовий акцент	Основні інструменти та механізми
Циркулярна економіка	Економічна модель, що забезпечує збереження цінності ресурсів у максимально довгому періоді шляхом організації замкнених матеріальних і енергетичних циклів, мінімізації відходів та зменшення залежності від первинної сировини	Замкнений ресурсний цикл, мінімізація відходів, ресурсоефективність	Переробка, ремануфактура, повторне використання, вторинна сировина, екодизайн, довготривалий життєвий цикл продукту
Циркулярний підхід	Методологічна рамка організації виробничих і споживчих процесів, у межах якої рішення ухвалюються з урахуванням можливості продовження життєвого циклу ресурсів і продуктів та мінімізації втрат	Переосмислення логіки виробництва та споживання; операціоналізація принципів циркулярної економіки	Екологічне проєктування, оптимізація матеріальних потоків, цифрове відстеження ресурсів, впровадження циркулярних практик на підприємствах

Продовження табл. 1.1

Замкнені цикли	Система, у якій матеріали й енергія безперервно повертаються у виробничо-економічний обіг через повторне використання, ремонт, модернізацію чи переробку	Безперервна циркуляція ресурсів; мінімізація утворення відходів	Ремонтні центри, системи збирання та повернення продукції, технології переробки, моделі «take-back»
Промисловий симбіоз	Модель взаємодії між підприємствами, за якої відходи або побічні продукти одного виробництва стають ресурсами для іншого, формуючи мережу обміну матеріалами, енергією, водою та послугами	Синергія між підприємствами; ефективне використання побічних продуктів	Обмін теплом, парою, водою, сировиною; спільна інфраструктура; індустриальні парки; енергетичні хаби
Циркулярна бізнес-модель	Організаційно-економічні моделі, спрямовані на продовження строку служби продукції, зменшення матеріаломісткості та створення нової цінності через повторне використання ресурсів	Стратегічна трансформація бізнесу; зменшення залежності від первинної сировини	Модель «продукт як послуга», спільне користування (sharing), оренда, ремануфактура, відновлення
Вторинна сировина	Матеріали, отримані шляхом переробки відходів, які можуть бути повторно використані у виробництві як заміник первинної сировини	Зменшення споживання первинних ресурсів; підвищення ресурсної безпеки	Переробка металів, пластику, скла, будівельних матеріалів; сортування та рекуперація
Екодизайн	Проектування продукції таким чином, щоб мінімізувати негативний вплив на довкілля протягом усього життєвого циклу та забезпечити можливість ремонту, демонтажу, переробки	Зменшення матеріаломісткості та підвищення довговічності продукції	Модульність, стандартизація, вибір екологічних матеріалів, дизайн для переробки

Джерело: складено автором за матеріалами [7; 13; 14; 18; 19; 20]

Як видно з табл. 1.1, поняття «циркулярна економіка» є найбільш узагальненою категорією, яка охоплює трансформацію економічної системи у напрямі ресурсоефективності, зниження екологічного навантаження та формування замкнених циклів. Циркулярний підхід зосереджується на обґрунтуванні та ухваленні рішень у виробничих, логістичних і управлінських процесах. Його ключовими інструментами є екодизайн, оптимізація матеріальних потоків, цифрове відстеження ресурсів, а також впровадження циркулярних практик на рівні підприємств, регіонів і галузей. Своєю чергою, циркулярні бізнес-моделі передбачають організаційно-економічний рівень реалізації циркулярності. А такі поняття, як замкнені цикли, вторинна сировина, екодизайн, відображають технологічний вимір циркулярної економіки – вони є елементами фізичного потоку матеріалів виробництва, переробки, ремонту, проектування. Окреме місце у структурі понять, пов'язаних із циркулярною економікою, посідає промисловий симбіоз, який формує мережеву модель взаємодії між суб'єктами господарювання. Така форма співпраці дозволяє досягти синергетичного ефекту за рахунок обміну матеріалами, енергією та побічними продуктами, що особливо актуально для великих промислових кластерів.

У сукупності результати, наведені в табл. 1.1, свідчать, що циркулярна економіка є багаторівневою системою, у межах якої стратегічні орієнтири розвитку деревообробної галузі реалізуються через циркулярний підхід шляхом впровадження циркулярних бізнес-моделей та технологічних рішень (замкнені цикли, вторинна сировина, екодизайн). Таким чином, циркулярна економіка виступає не лише концептуальним продовженням ідей сталого розвитку, а й практичним інструментом їх реалізації у деревообробній галузі.

Для виявлення драйверів у сфері циркулярної економіки проведемо аналіз публікацій в Scopus із використанням VOSviewer v. 1.6.20 [21; 22].

Біблеометричний аналіз дозволяє виявити актуальні напрями досліджень у світі, оцінити внесок авторів у розвиток даної теми.

З використанням VOSviewer було побудовано мережеву карту зв'язків між ключовими словами (рис. 1.1).

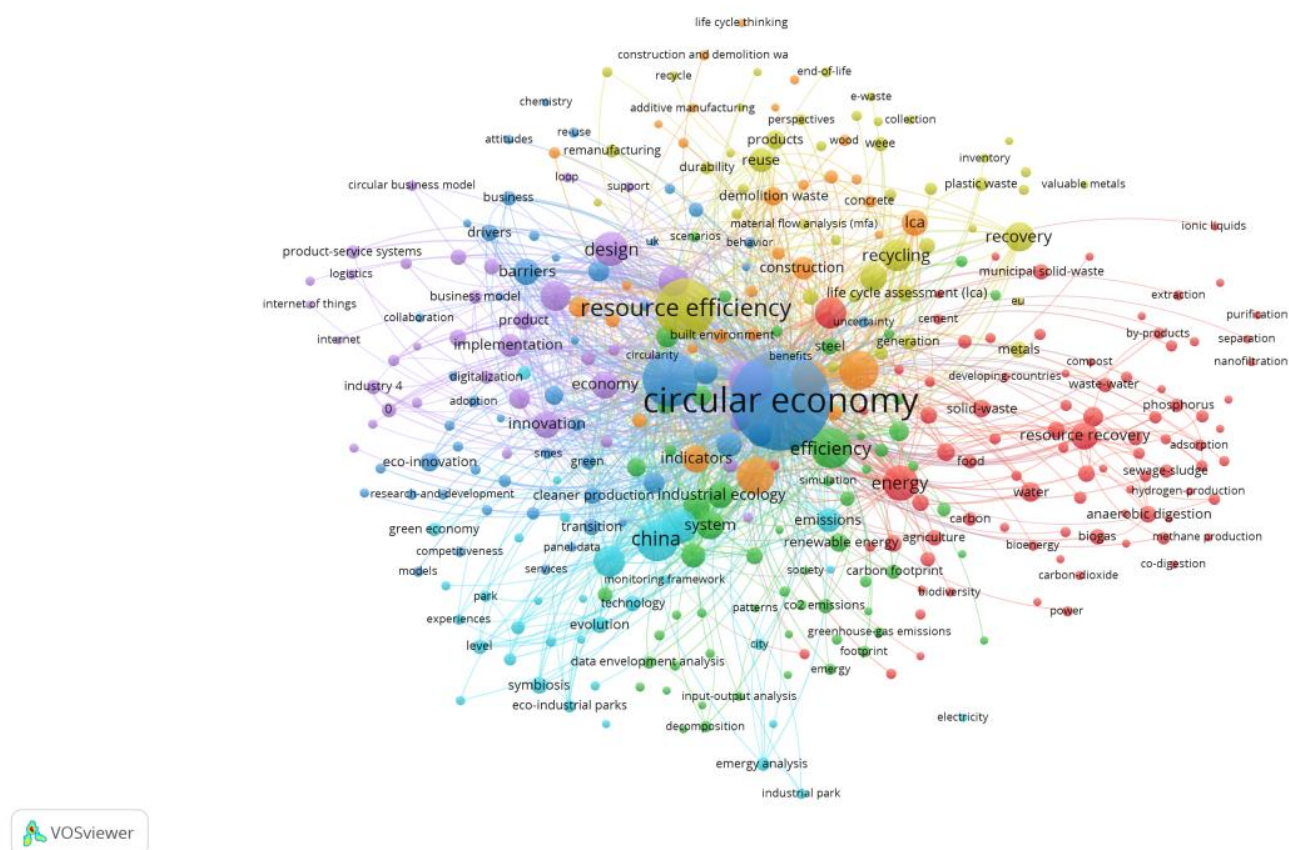


Рис. 1.1. Мережева візуалізація цитування статей з питань циркулярної економіки

Джерело: побудовано автором на основі бази даних Scopus з використанням VOSviewer

Отже, бібліометричний аналіз із центральною категорією «циркулярна економіка» дозволив виокремити 6 основних кластерів. У найбільшому кластері (червоному) згруповані ключові слова, серед яких біомаса, енергетика, біоенергетика, що вказують на те, що науковці розглядають циркулярну економіку як детермінанту впливу на розвиток енергетики. Другий кластер (зелений) вказує на тісний зв'язок між циркулярною економікою та ресурсоефективністю. Третій кластер (синій) поєднує публікації, які присвячені

дослідженню сталого розвитку. Четвертий кластер (жовтий) вказує на дослідження рециклінгу, життєвого циклу продукту та управління відходами. П'ятий кластер (фіолетовий) вказує на те, що науковці приділяють значну увагу формуванню циркулярної бізнес-моделі, Індустрії 4.0, використанню технологій із нульовими викидами та управління ланцюгами постачання. Ключові слова шостого кластера (блакитного) поєднує публікації, в яких розглядаються питанням зниження впливу на довкілля шляхом створення індустріальних симбіозів та екоіндустріальних парків.

Серед аналізованих ключових слів, пов'язаних із циркулярною економікою, найбільш вживаними є такі поняття: сталий розвиток, рециклінг, управління відходами, життєвий цикл. Лідерами за кількістю публікацій, що індексуються в Scopus та містять термін «циркулярна економіка», є Італія, Китай, Велика Британія, Іспанія, США.

Сучасна парадигма сталого розвитку визначає необхідність фундаментального перегляду підходів до використання природних ресурсів, серед яких лісова біомаса посідає ключове місце як відновлюваний, але обмежений ресурс. Розвиток деревообробної галузі в умовах глобальних кліматичних викликів та переходу до кліматичної нейтральності вимагає впровадження принципів циркулярної економіки, де особливий акцент зміщується на каскадне використання деревини.

Лісовий сектор охоплює біологічні, деревообробна галузь технічні цикли циркулярної економіки, вони мають високий потенціал для впровадження циркулярної біоекономічної моделі. Проте в загальній циклічності ланцюжків доданої вартості лісової та деревообробної галузей зберігаються певні виклики, зумовлені традиційними методами функціонування цих секторів.

Для забезпечення сталості лісових ланцюжків доданої вартості необхідні безперервний аналіз і координація аспектів циркулярності на всіх етапах їх функціонування. Життєздатною відправною точкою для цього є принципи сталого управління лісами (SFM – Sustainable Forest Management) з подальшим оптимізованим каскадним використанням деревини на кожній стадії

виробництва та завершальним етапом – утилізацією (рекуперацією) деревини після споживання наприкінці ланцюжків доданої вартості [23].

Обговорюючи роль деревини в циркулярній економіці, автори дослідження [24] вказують на те, що не всі матеріали підлягають відновленню та рециклінгу однаково, тому під час оцінювання може виникнути потреба в розмежуванні біологічних (біогенних) і технічних матеріалів. Розглядаючи роль біомаси (зокрема деревини) в економіці замкненого циклу, важливо визнати, що рециклінг біомаси має внутрішні обмеження порівняно з рециклінгом технічних матеріалів. У той час як більшість металів і скло можуть бути відновлені та перетворені на матеріали аналогічної якості, біомаса після первинної переробки зазвичай не може бути повторно оброблена з відновленням характеристик вихідної сировини.

Таким чином, робота з деревиною потребує підходу, спрямованого на збереження її структурної цілісності в якомога більшій кількості сфер застосування протягом максимального терміну, перш ніж вона буде подрібнена або спалена. Цей підхід базується на принципі каскадного використання, за якого життєвий цикл певного фрагмента деревини може охоплювати кілька циклів повторного використання, відновлення та/або рециклінгу, а вироби, до складу яких він входить, експлуатуються максимально довго, часто та ефективно [24].

Концепцію каскадного використання ресурсів було вперше теоретично обґрунтовано та системно описано Ted Sirkin, Maarten ten Houten у 1994 році [25] в контексті сталого управління ресурсами, у подальшому вона набула широкого наукового та політичного визнання як структурний елемент формування політики біоекономіки та циркулярної економіки [23].

В огляді каскадного використання деревних продуктів, проведеному Всесвітнім фондом природи (ВФП) у співпраці з компанією Mondi [26], визначено, що каскадне використання – це стратегія використання сировини, такої, як деревина або інша біомаса, хронологічно послідовними кроками якомога довше, частіше та ефективніше для матеріалів і лише для отримання з них енергії в кінці життєвого циклу продукту. Мета полягає в тому, щоб

збільшення каскадного використання деревини сприяло підвищенню ефективності використання ресурсів і, як наслідок, зменшенню тиску на навколишнє середовище.

В аналітичному звіті Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) щодо оцінки лісів як ключового елемента екологічної стабільності, економічної стійкості та соціальної інклюзії зазначається, що додавання вартості вздовж каскаду використання продукції може подовжити життєві цикли матеріалів, зменшити первинний попит на сировину та збільшити час депонування вуглецю, тим самим сприяючи сталому використанню лісової продукції. Деревні відходи промислової переробки кругляка можуть бути цінним ресурсом, якщо їх використовують як сировину для інших видів продукції та, зрештою, для генерації енергії, замінюючи менш сталі джерела енергії [27].

У дослідженні Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) та Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) [23] каскадне використання деревини трактується як «ефективна утилізація ресурсів шляхом використання залишків та вторинної сировини для матеріального споживання з метою розширення загальної доступності біомаси в межах заданої системи».

Відповідно до цього визначення каскадне використання деревини передбачає застосування принципів ієрархічного використання ресурсів, за якого високоякісна сировина спрямовується на виробництво продукції з високою доданою вартістю, тоді як для товарів із нижчою вартістю застосовуються деградовані форми сировини в міру її багаторазового перероблення впродовж життєвого циклу. Енергетичне використання (зокрема, спалювання) розглядається як завершальна стадія каскаду після вичерпання матеріального потенціалу (рис. 1.2).

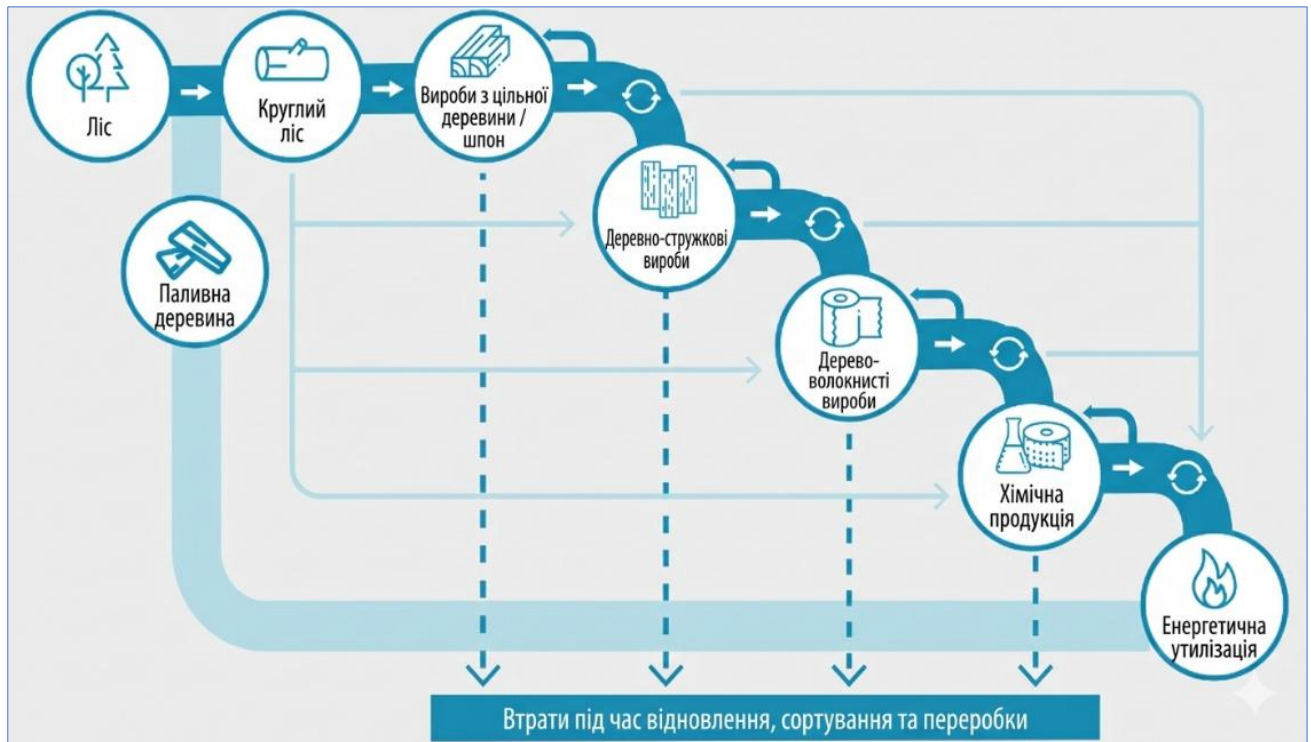


Рис. 1.2. Каскадне використання деревини

Джерело: [23]

В оновленій Директиві ЄС з відновлюваних джерел енергії (Renewable Energy Directive (RED III) [28]) зазначено, що, відповідно до принципу каскадного використання біомаси, деревна біомаса повинна використовуватися відповідно до її найвищої економічної та екологічної доданої цінності в такому порядку пріоритетів: вироби на основі деревини, продовження терміну служби виробів на основі деревини, повторне використання, переробка, біоенергія та утилізація. Там, де жодне інше використання деревної біомаси не є економічно вигідним або екологічно доцільним, відновлення енергії допомагає зменшити виробництво енергії з невідновлюваних джерел.

Відділ лісової політики та ресурсів ФАО вбачає, що позитивні наслідки впровадження каскадного використання та циклічності в деревообробному секторі включають [29]:

- відокремлення економічного зростання від кількісного використання ресурсів шляхом сприяння запобіганню утворенню відходів, екодизайну, повторному використанню та переробці;

- вилучення та створення більшої доданої вартості з деревини завдяки ресурсо- та енергоефективності;
- визначення нових способів використання деревних ресурсів;
- перетворення більшої кількості «відходів» лісової біомаси на біопродукти, що сприяють циркулярній біоекономіці;
- покращення як екологічного впливу, так і якості продукції;
- урахування очікувань громадян і споживачів стосовно сталих ланцюгів створення вартості деревини та формування «стратегій прогресу»;
- надання споживачам доказів того, що сталий розвиток використовується на кожному етапі життєвого циклу продукту до його придбання – від управління лісами, заготівлі деревини, подрібнення деревини, виробництва до упаковки та доставки.

Каскадування деревини – це концепція, яка вже давно є предметом дискусій та аналізу в біопромисловості ЄС [30]. Вона значною мірою перетинається з ідеями циркулярної економіки, оскільки описує заходи щодо підвищення ефективності використання біомаси, що забезпечують всебічну базу знань для обговорення впровадження циркулярної економіки в лісовій та пов'язаних із нею біопромислових галузях. Концепція каскадування спрямована на підвищення ефективності використання біомаси шляхом повторного використання, переробки та, зрештою, виробництва енергії.

На основі роботи I. Odegard та ін. [32] можна виділити три підходи до впровадження каскадування у деревообробній галузі: каскадування в часі, послідовне використання біомаси.

Підхід передбачає повторне використання або переробку біопродукту з виробництвом енергії в кінці життєвого циклу (ДСП, біопластик); каскадування за вартістю: часові етапи каскаду можна оптимізувати, надаючи пріоритет найвищій можливій вартості протягом усього життєвого циклу; каскадування за функцією, оптимізує спільне виробництво. Більш ефективне використання біомаси при каскадуванні за вартістю та функцією досягається шляхом

послідовної переробки всієї біомаси в різні продукти для різних сфер використання.

Зокрема, доцільність переходу до каскадних форм виробничо-господарської взаємодії в умовах ресурсних обмежень, кардинальної екологізації та модернізації національних економік довели В. Микитенко та О. Демешок [32].

Каскадна форма організації виробничого процесу передбачає чітко детерміновану послідовність дій із залучення до господарського обігу різноманітних матеріальних ресурсів у конкретному продуктовому ланцюгу.

Прикметною рисою каскадного принципу є послідовний перехід від однієї фази виробництва до іншої, виходячи з пріоритетності формування ланцюгів доданої вартості та особливостей вилучення ресурсної цінності первинної та вживаної сировини [33].

До основних принципів каскадно-циркулярної моделі І. Вахович, Д. Матрунчик, Г. Недопад віднесли [33]: принцип каскадного цілепокладання, який означає формування ієрархії цілей використання ресурсної цінності первинної та вторинної сировини виходячи з пріоритетності та вагомості окремих ВЕД; принцип максимізації замкнених циклів, який передбачає забезпечення максимального рівня комплексного використання ресурсного потенціалу, зведення до мінімуму втрат первинної та вторинної сировини, а також усебічну утилізацію матеріально-речової субстанції вживаних матеріальних ресурсів для задоволення виробничих та енергетичних потреб.

На впровадження каскадно-циркулярної моделі у деревообробній галузі впливає низка чинників, наведених у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Чинники, що впливають на впровадження каскадно-циркулярної моделі в деревообробній галузі

Чинники	Стимулюючі	Стимулюючі
Політичні	Неефективне державне регулювання поведінки з відходами. Відсутність нормативно-правового забезпечення щодо	Державна підтримка впровадження каскадно-циркулярної моделі. Стимулювання розвитку відновлюваної енергетики.

Продовження табл. 1.2

	розвитку відновлюваної енергетики та поводження з відходами. Будівельні норми. Оподаткування ресурсів. Сертифікація та стандартизація	Пільгове оподаткування переробки деревних матеріалів. Обов'язкові норми переробки
Економічні	Економічні витрати на впровадження каскадно-циркулярної моделі. Витрати на сортування та складування відходів, логістику, первинну переробку. Конкуренція між енергетикою та промисловістю за використання деревини. Залежність від продуктів вищих рівнів каскадування. Залучення інвестицій	Оптимізація собівартості та ресурсоефективність. Переробка відходів як додаткове джерело прибутку. Зниження витрат на енергоносії. Розширення експорту каскадних продуктів. Зниження витрат на первинну сировину. Збільшення робочих місць
Технологічні	Витрати на впровадження нових технологій. Інженерні обмеження. Вимоги до якості процесу збору та сортування відходів деревини (забруднення, включення, якість деревини тощо). Втрати матеріалу в процесі сортування. Відсутність технологій демонтажу (нерозбірні конструкції). Відсутність цифрової історії матеріалу	Заохочення для компаній, що використовують дрібні шматки деревини. Заохочення до проектування каскадних ланцюгів. Впровадження нових технологій виробництва енергії. Витрати на нові сміттєспалювальні заводи
Екологічні	Звалища, дешево захоронення деревних відходів. Енергоємність переробки (вуглецевий слід логістики та вторинної переробки). Зростання екологічних загроз у разі повторного використання (хімічні домішки). Порушення екосистеми лісу	Заміщення первинного ресурсу вторинним. Заморожування викидів. Збереження біорізноманіття. Зменшення екологічних загроз при спалюванні. Зменшення сміттєзвалищ

Джерело: узагальнено автором за [28–37]

Як видно з табл. 1.2, до чинників, що впливають на впровадження каскадно-циркулярної моделі в деревообробній галузі, необхідно віднести: політичні, економічні, технологічні та екологічні.

Впровадження каскадно-циркулярної моделі у деревообробній галузі дасть можливість розширити потенціал використання вторинних матеріальних ресурсів як сировинної бази, а утворені відходи необхідно максимальною мірою використати у виробництві різних видів біологічного палива для забезпечення енергетичної безпеки країни.

1.2. Оцінка динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі

Одними з ключових напрямів відновлення зруйнованої після війни економіки України мають стати відродження промислового сектора, створення нових робочих місць, підтримка малих і середніх підприємств. Враховуючи тенденції розвитку світового ринку продукції з деревини, пожвавлення деревообробної галузі України у повоєнний період, що пов'язане зі зростаючими потребами суміжних галузей – будівництва, енергетики, хімічної та легкої промисловості, актуальним видається пошук шляхів забезпечення її розвитку.

Питанням розвитку промислового сектора присвячено праці багатьох учених, серед яких: І. Губарева, О. Кушніренко, Н. Попадинець, І. Синякевич, Л. Созанський, Ю. Туниця, О. Фурдичко, О. Шаблій та інші.

Деревообробна галузь (оброблення деревини та виробництво виробів з деревини) є однією з найбільш динамічних галузей переробної промисловості, що зумовлено зростаючим попитом на продукцію з деревини на внутрішньому та зовнішньому ринках [20]. Наразі першочерговим завданням для забезпечення розвитку деревообробної галузі України у повоєнний період є створення умов для підтримки вітчизняного експорту продукції з деревини з глибоким ступенем переробки та стимулювання розвитку внутрішнього ринку в напрямі імпортозаміщення, тим самим створюючи додатковий національний дохід і забезпечуючи нові робочі місця [38; 39].

Здійснено порівняння динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі за показниками: обсяг виробництва (V), експорт (E), імпорт (I), внутрішнє споживання (Є), експортоорієнтованість (E/V) та імпортозалежність (I/Є) [40].

У табл. 1.3 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків круглого лісу у 2015–2020 рр.

Таблиця 1.3

**Порівняння динаміки світового та українського ринків круглого лісу в
2015–2020 рр.**

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	18 337,0	16 773,0	91,5	3 755 163,3	3 911 952,2	104,2
E	тис. дол.	296 329	11 757	4,0	14 851 970	13 408 716	90,3
	тис. куб. м	5 028,3	166,5	3,3	133 158,5	140 312,5	105,4
	дол./куб. м	59	71	119,8	112	96	85,7
I	тис. дол.	1 381	1 180	85,4	16 613 684	15 348 267	92,4
	тис. куб. м	14,2	7,5	53,0	134 321,3	140 372,6	104,5
	дол./куб. м	97	157	161,3	124	109	88,4
Є	тис. куб. м	13 322,9	16 614,0	124,7	3 756 326,1	3 912 012,3	104,1
E/V*100	%	27,4	1,0	3,6	3,5	3,6	101,1
I/Є*100	%	0,11	0,05	42,5	3,6	3,6	100,3

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.3 видно, що український ринок круглого лісу у 2015–2020 рр. знизився на 8,5%, а світовий ринок збільшився на 4,2%. За аналізований період відбулося дуже суттєве зниження експорту круглого лісу з України (на 96,0%), а в світі експорт зріс на 5,4%.

Внаслідок значного зниження експорту круглого лісу внутрішній ринок збільшився в Україні на 24,7%, а у світі на 4,1%. В Україні також значно знизився рівень експортоорієнтованості заготівлі круглого лісу – до 1,0%, тоді як у світі цей показник становив 3,6%. Ціна на експортований з України круглий ліс у 2015–2020 рр. становила 71 дол./куб. м, що поступалася середньосвітовій (96

дол./куб. м), а ціна на імпортований круглий ліс в Україну (157 дол./куб. м) перевищувала середньосвітову (109 дол./куб. м).

У табл. 1.4 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків ділового круглого лісу в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.4

Порівняння динаміки світового та українського ринків ділового круглого лісу в 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	8 163,0	8 996,0	110,2	1 853 897,8	1 983 687,8	107,0
E	тис. дол.	237 542	16	0,0	14 359 323	12 945 805	90,2
	тис. куб. м	2 976,3	0,142	0,0	123 583,0	133 813,6	108,3
	дол./куб. м	80	113	141,2	116	97	83,3
I	тис. дол.	1 363	1 166	85,5	16 206 082	14 999 261	92,6
	тис. куб. м	14,0	7,4	53,0	128 190,7	136 146,2	106,2
	дол./куб. м	97	157	161,3	126	110	87,1
Є	тис. куб. м	5 200,7	9 003,3	173,1	1 858 505,6	1 986 020,4	106,9
E/V*100	%	36,5	0,00	0,0	6,7	6,7	101,2
I/Є*100	%	0,27	0,08	30,6	6,9	6,9	99,4

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.4 видно, що темпи зростання українського і світового ринків ділового круглого лісу майже не відрізняються: в Україні він збільшився на 10,2%, а в світі – на 7,0%. Експорт ділового круглого лісу з України за 2015–2020 рр. впав до 0,0%, а в світі відбулося зростання на 8,3%. Внаслідок такої тенденції внутрішній ринок ділового круглого лісу в Україні зріс на 73,1%, а у світі – на 8,3%.

У результаті суттєвого зниження експорту ділового круглого лісу в Україні рівень експортоорієнтованості ділового круглого лісу становив 0,0%, а світовий – 6,7%. Ціна на експортований з України діловий круглий ліс (113 дол./куб. м) була вищою, ніж середньосвітова (97 дол./куб. м.). Також імпортна ціна ділового

круглого лісу в Україні (157 дол./куб. м) значно перевищувала середньосвітову ціну (110,97 дол./куб. м).

У табл. 1.5 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків паливної деревини в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.5

Порівняння динаміки світового та українського ринків паливної деревини у 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	10 174,0	7 777,0	76,4	1 901 265,4	1 928 264,4	101,4
E	тис. дол.	58 787	11 741	20,0	492 647	462 911	94,0
	тис. куб. м	2 052,0	166,4	8,1	9 575,5	6 498,9	67,9
	дол./куб. м	29	71	246,3	51	71	138,4
I	тис. дол.	18	14	77,8	407 602	349 006	85,6
	тис. куб. м	0,2	0,1	47,5	6 130,6	4 226,4	68,9
	дол./куб. м	90	147	163,7	66	83	124,2
Є	тис. куб. м	8 122,2	7 610,7	93,7	1 897 820,5	1 925 991,9	101,5
E/V*100	%	20,2	2,1	10,6	0,5	0,3	66,9
I/Є*100	%	0,0	0,0	50,7	0,3	0,2	67,9

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.5 видно, що світовий ринок паливної деревини за 2015–2020 рр. майже не зростав, збільшення становило 1,4%, а український ринок знизився на 23,6%. Експорт паливної деревини з України за аналізований період знизився на 91,9%, а у світі загалом – на 32,1%. Ємність внутрішнього ринку України знизилася в 2015–2020 рр. на 6,3%, а світового – зросла на 2,1%.

Рівень експортоорієнтованості реалізації паливної деревини з України в 2020 р. становив 2,1% і був значно вищим за світовий (0,3). Ціна на експортовану паливну деревину з України та загалом у світі склала 71 дол./куб. м.

У табл. 1.6 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків пиломатеріалів у 2015–2020 рр.

Таблиця 1.6

**Порівняння динаміки світового та українського ринків пиломатеріалів
у 2015–2020 рр.**

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	2 700,0	3 748,0	138,8	448 062,2	472 729,0	105,5
E	тис. дол.	361 213	515 589	142,7	34 515 162	37 137 326	107,6
	тис. куб. м	2 337,0	3 297,4	141,1	137 403,6	152 834,4	111,2
	дол./куб. м	155	156	101,2	251	243	96,7
I	тис. дол.	2 497	5 746	230,1	35 440 194	37 706 531	106,4
	тис. куб. м	7,0	21,9	314,0	132 925,4	144 680,1	108,8
	дол./куб. м	359	263	73,3	267	261	97,8
Є	тис. куб. м	370,0	472,4	127,7	443 584,1	464 574,7	104,7
E/V*100	%	86,6	88,0	101,6	30,7	32,3	105,4
I/Є*100	%	1,9	4,6	245,9	30,0	31,1	103,9

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.6 видно, що український ринок пиломатеріалів за 2015–2020 рр. зріс на 38,8%, а темп зростання світового ринку пиломатеріалів склав 5,5%. Експорт пиломатеріалів з України в аналізованому періоді збільшився на 41,1%, а в світі – на 11,2%. Ємність внутрішнього ринку пиломатеріалів України збільшилась за 2015–2020 рр. на 27,7%, а в цілому у світі – на 4,7%. Рівень експортоорієнтованості пиломатеріалів з України в 2020 р. становив 88%, більше, ніж у світі загалом на 55,7%, а імпортозалежність внутрішнього ринку України (4,6%) значно нижча за світову (31,1%).

Ціна експортованих з України пиломатеріалів у 2020 р. становила 156 дол./куб. м, що значно нижче, аніж середньосвітова (243 дол./куб. м), а ціна імпорту пиломатеріалів в Україні й світі майже не відрізнялася – 263 та 261 дол./куб. м відповідно.

У табл. 1.7 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків шпону в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.7

**Порівняння динаміки світового та українського ринків шпону
у 2015–2020 рр.**

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	110,0	230,1	209,2	13 514,6	16 472,6	121,9
E	тис. дол.	82 508	205 888	249,5	2 918 058	3 241 190	111,1
	тис. куб. м	66,1	173,0	261,8	4 542,2	5 102,5	112,3
	дол./куб. м	1 249	1 190	95,3	642	635	98,9
I	тис. дол.	8 989	17 790	197,9	3 044 874	3 292 606	108,1
	тис. куб. м	3,9	8,2	209,6	4 249,4	4 891,7	115,1
	дол./куб. м	2 293	2 165	94,4	717	673	93,9
Є	тис. куб. м	47,8	65,3	136,5	13 221,8	16 261,8	123,0
E/V*100	%	60,1	75,2	125,2	33,6	31,0	92,2
I/Є*100	%	8,2	12,6	153,5	32,1	30,1	93,6

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.7 видно, що за 2015–2020 рр. український ринок шпону значно зріс – він збільшився на 109,2%, тоді як світовий ринок шпону зріс лише на 21,9%. Також відбулося значне зростання експорту шпону з України за аналізований період – на 161,8%, а загалом по світу – на 12,3%.

Ємність внутрішнього ринку шпону в Україні за 2015–2020 рр. зросла на 36,5%, а світового – на 23,0%. Рівень експортоорієнтованості реалізації шпону з України у 2020 р. склав 75,2%, що більше ніж в 2 рази за середньосвітовий.

Імпортозалежність українського ринку шпону в 2020 р. становила 12,6% й була нижчою за світовий у 2,4 рази. Експортна ціна на шпон з України (1

190 дол./куб. м) вища, ніж у середньому у світі, у 1,9 рази, а імпортна ціна до України (2 165 дол./куб. м) була вища за середньосвітову у 3,2 рази.

У табл. 1.8 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків фанери у 2015–2020 рр.

Таблиця 1.8

**Порівняння динаміки світового та українського ринків фанери
у 2015–2020 рр.**

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	177,0	190,0	107,3	111 773,5	118 411,0	105,9
E	тис. дол.	51 574	60 345	117,0	15 300 863	13 918 520	91,0
	тис. куб. м	194,6	126,4	64,9	27 444,5	28 224,4	102,8
	дол./куб. м	265	478	180,2	558	493	88,5
I	тис. дол.	29 338	19 834	67,6	14 410 165	13 337 862	92,6
	тис. куб. м	50,4	39,4	78,1	26 516,3	26 834,4	101,2
	дол./куб. м	582	504	86,5	543	497	91,5
Є	тис. куб. м	32,7	103,0	314,7	110 845,3	117 021,0	105,6
E/V*100	%	110,0	66,5	60,5	24,6	23,8	97,1
I/Є*100	%	153,9	38,2	24,8	23,9	22,9	95,9

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.8 видно, що за 2015–2020 рр. український та світовий ринки фанери мали приблизно рівні темпи приросту – 7,3% та 5,9% відповідно.

Своєю чергою, експорт фанери з України за аналізований період знизився на 35,1%, а середньосвітовий експорт зріс на 2,8%. Водночас ємність внутрішнього ринку фанери в Україні зросла на 214,7%, а світового – на 5,6%.

Рівень експортоорієнтованості реалізації фанери з України у 2020 р. склав 66,5%, що більше за світовий – 23,8%. Імпортозалежність українського ринку фанери у 2020 р. була вище середньосвітової на 15,3%.

Експортна ціна на фанеру з України (478 дол./куб. м) близька до середньої в світі (493 дол./куб. м). Також близькими були імпортні ціни на фанеру в Україні (504 дол./куб. м) та у світі (497 дол./куб. м).

У табл. 1.9 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків листових деревних матеріалів в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.9

Порівняння динаміки світового та українського ринків листових деревних матеріалів у 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	1 936,0	2 468,2	127,5	344 616,2	368 250,8	106,9
E	тис. дол.	200 101	155 546	77,7	31 493 341	31 850 702	101,1
	тис. куб. м	864,5	588,6	68,1	80 324,7	87 921,7	109,5
	дол./куб. м	231	264	114,2	392	362	92,4
I	тис. дол.	236 306	218 940	92,7	30 706 383	30 920 745	100,7
	тис. куб. м	698,7	756,8	108,3	77 595,1	86 596,2	111,6
	дол./куб. м	338	289	85,5	396	357	90,2
Є	тис. куб. м	1 770,3	2 636,4	148,9	341 886,6	366 925,3	107,3
E/V*100	%	44,7	23,8	53,4	23,3	23,9	102,4
I/Є*100	%	39,5	28,7	72,7	22,7	23,6	104,0

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.9 видно, що український ринок листових деревних матеріалів у 2010–2015 рр. розвивався більш динамічно, ніж світовий: український ринок збільшився на 27,5%, а світовий – на 6,9%. Об’єм експорту листових деревних матеріалів з України за аналізований період знизився на 31,9%, а середньосвітовий зріс на 9,5%. Ємність внутрішнього ринку листових деревних матеріалів України зросла на 48,9%, а світового – на 7,3%.

Рівень експортоорієнтованості реалізації листових деревних матеріалів у світі та Україні в 2020 р. склав близько 24,0%. Імпортозалежність українського ринку листових деревних матеріалів у 2020 р. була на рівні 28,7%, що на 5,1% вище за середньосвітовий рівень.

Експортна ціна на листові деревні матеріали з України (264 дол./куб. м) була нижчою за середню у світі (362 дол./куб. м). Імпортна ціна листових деревних матеріалів з України (289 дол./куб. м) була помітно нижчою за світову (357 дол./куб. м).

У табл. 1.10 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків стружкових плит в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.10

Порівняння динаміки світового та українського ринків стружкових плит у 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
1	2	3	4	5	6	7	8
V	тис. куб. м	1 609,0	1 686,5	104,8	87 257,0	96 011,4	110,0
E	тис. дол.	94 615	52 476	55,5	4 906 764	5 242 867	106,8
	тис. куб. м	450,0	308,4	68,5	19 788,5	21 971,0	111,0
	дол./куб. м	210	170	80,9	248	239	96,2
I	тис. дол.	32 981	34 761	105,4	4 925 435	5 154 455	104,6
	тис. куб. м	108,1	214,2	198,1	19 809,6	22 043,5	111,3
	дол./куб. м	305	162	53,2	249	234	94,0
Є	тис. куб. м	1 267,1	1 592,4	125,7	87 278,1	96 083,9	110,1
E/V*100	%	28,0	18,3	65,4	22,7	22,9	100,9
I/Є*100	%	8,5	13,5	157,7	22,7	22,9	101,1

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.10 видно, що темп зростання українського ринку стружкових плит у 2015–2020 рр. (104,8%) був нижчим за темп зростання в цілому у світі (110,0%). Обсяг експорту стружкових плит з України за аналізований період зменшився на 31,5%, тоді як у світі зростання становило 11,0%. Ємність внутрішнього ринку стружкових плит України збільшилась за 2015–2020 рр. на 25,7%, а в цілому у світі на 10,1%.

Рівень експортоорієнтованості реалізації стружкових плит з України у 2020 р. становив 18,3% і був нижчим за середньосвітовий (22,9%), а імпортозалежність внутрішнього ринку України (13,5%) була нижчою за середньосвітову (22,9%). Ціна на експортовані з України стружкові плити (170 дол./куб. м) поступалася середньосвітовій (239 дол./куб. м), а ціна на імпортовані

стружкові плити в Україну (162 дол./куб. м) була нижчою за середньосвітову (234 дол./куб. м).

У табл. 1.11 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків орієнтовано-стружкових плит у 2015–2020 рр.

Таблиця 1.11

Порівняння динаміки світового та українського ринків орієнтовано-стружкових плит у 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	100,0	153,0	153,0	26 990,3	35 922,2	133,1
E	тис. дол.	4 000	2 147	53,7	2 038 202	3 300 290	161,9
	тис. куб. м	12,0	10,5	87,1	9 247,1	11 483,8	124,2
	дол./куб. м	333	205	61,6	220	287	130,4
I	тис. дол.	40 472	25 330	62,6	2 098 325	3 233 169	154,1
	тис. куб. м	140	82	58,4	9 077	11 127	122,6
	дол./куб. м	289	310	107,2	231	291	125,7
Є	тис. куб. м	227,9	224,3	98,4	26 820,4	35 565,8	132,6
E/V*100	%	12,0	6,8	56,9	34,3	32,0	93,3
I/Є*100	%	61,4	36,4	59,3	33,8	31,3	92,4

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.11 видно, що темп зростання українського ринку орієнтовано-стружкових плит у 2015–2020 рр. склав 153% і був вищим за темп зростання в цілому у світі (133,1%). Обсяг експорту орієнтовано-стружкових плит з України за аналізований період зменшився на 12,9%, а у світі зростання склало 24,2%. Ємність внутрішнього ринку орієнтовано-стружкових плит України незначно зменшилася за 2015–2020 рр. – на 1,6%, а в цілому в світі зросла на 32,6%.

Рівень експортоорієнтованості реалізації орієнтовано-стружкових плит з України у 2020 р. становив 6,8%, та був значно нижче середньосвітового (32,0%), а імпортозалежність внутрішнього ринку України (36,4%) вище середньосвітової (31,3%). Ціна на експортовані з України орієнтовано-стружкові плити (170 дол./куб. м) поступалася середньосвітовій (239 дол./куб. м), а ціна на імпортовані

орієнтовано-стружкові плити в Україні (162 дол./куб. м) була нижчою за середньосвітову (234 дол./куб. м).

У табл. 1.12 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків деревоволокнистих плит в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.12

Порівняння динаміки світового та українського ринків деревоволокнистих плит у 2015–2020 рр.

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	50,0	438,7	877,4	118 595,4	117 906,2	99,4
E	тис. дол.	49 912	40 578	81,3	9 247 512	9 389 025	101,5
	тис. куб. м	207,8	143,5	69,0	23 844,6	26 242,5	110,1
	дол./куб. м	240	283	117,8	388	358	92,3
I	тис. дол.	133 515	139 015	104,1	9 272 458	9 195 259	99,2
	тис. куб. м	400	422	105,3	22 192	26 591	119,8
	дол./куб. м	333	330	98,9	418	346	82,8
Є	тис. куб. м	242,5	716,8	295,6	116 942,8	118 254,6	101,1
E/V*100	%	415,7	32,7	7,9	20,1	22,3	110,7
I/Є*100	%	165,1	58,8	35,6	19,0	22,5	118,5

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.12 видно, що в 2015–2020 рр. значно підвищився темп зростання українського ринку деревоволокнистих плит (на 777,4%), а середньосвітовий темп становив 99,4%. Обсяг експорту деревоволокнистих плит з України за аналізований період зменшився на 31,0%, а у світі зростання склало 10,1%.

Ємність внутрішнього українського ринку деревоволокнистих плит у 2015–2020 рр. зросла майже в 3 рази, а світового ринку майже не змінилася.

Рівень експортоорієнтованості реалізації деревоволокнистих плит з України у 2020 р. склав 32,7%, що більше ніж середньосвітовий (22,3%). Своєю чергою, імпортозалежність України, незважаючи на зниження на 106,3%, перевищувала середньосвітову на 36,3%. Ціна на експортовані з України

деревоволокнисті плити (283 дол./куб. м) значно нижча, ніж у світі в середньому (358 дол./куб. м). Імпортні ціни на деревоволокнисті плити в Україні та в середньому у світі становили 330 та 358 дол./куб. м відповідно.

У табл. 1.13 наведено порівняння динаміки світового та українського ринків твердих плит в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.13

**Порівняння динаміки світового та українського ринків твердих плит
у 2015–2020 рр.**

Показник	Одиниця виміру	Україна			Світ		
		2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %	2015 р.	2020 р.	2020 р. до 2015 р., %
V	тис. куб. м	50,0	381,7	763,4	9 142,5	6 848,0	74,9
E	тис. дол.	10 388	18 747	180,5	976 292	1 022 672	104,8
	тис. куб. м	26,7	47,3	177,0	2 081,8	2 521,9	121,1
	дол./куб. м	389	396	101,9	469	406	86,5
I	тис. дол.	3 340	8 809	263,7	1 941 080	1 689 803	87,1
	тис. куб. м	3	24	693,7	3 554	3 401	95,7
	дол./куб. м	982	373	38,0	546	497	91,0
Є	тис. куб. м	26,7	358,0	1 341,8	10 614,2	7 727,4	72,8
E/V*100	%	53,4	12,4	23,2	22,8	36,8	161,7
I/Є*100	%	12,7	6,6	51,7	33,5	44,0	131,5

Джерело: сформовано автором за матеріалами [39–46]

З табл. 1.13 видно, що в 2015–2020 рр. темп зростання українського ринку твердих плит значно підвищився (на 663,4%), а середньосвітовий темп знизився на 25,1%. Експорт твердих плит з України за аналізований період зріс на 77,1%, а середньосвітовий – на 21,1%. Ємність внутрішнього ринку твердих плит в Україні зросла у 6,7 раза, а світового – знизилась на 27,2%. Рівень експортоорієнтованості реалізації твердих плит з України у 2020 р. склав 12,4%, що нижче від середньосвітового вдвічі. Імпортозалежність українського ринку твердих у 2020 р. була вищою за середньосвітову на 7,7%. Експортна ціна на тверді плити з України (396 дол./куб. м) була близькою до середньої у світі (406 дол./куб. м), а імпортні ціни на тверді плити в Україні (373 дол./куб. м) були значно нижчими за світові (497 дол./куб. м).

У табл. 1.14 наведено порівняння темпів приросту натуральних показників українського та світового ринків продукції деревообробної галузі у 2015–2020 рр.

Таблиця 1.14

Порівняння темпів приросту натуральних показників українського та світового ринків продукції деревообробної галузі в 2015–2020 рр., %

Види деревообробної продукції	V		E		I		Є	
	Україна	Світ	Україна	Світ	Україна	Світ	Україна	Світ
Круглий ліс	-1,8	0,8	-49,4	1,1	-11,9	0,9	4,5	0,8
Діловий круглий ліс	2,0	1,4	-86,3	1,6	-11,9	1,2	11,6	1,3
Паливна деревина	-5,2	0,3	-39,5	-7,5	-13,8	-7,2	-1,3	0,3
Пиломатеріали	6,8	1,1	7,1	2,2	25,7	1,7	5,0	0,9
Шпон	15,9	4,0	21,2	2,4	16,0	2,9	6,4	4,2
Фанера	1,4	1,2	-8,3	0,6	-4,8	0,2	25,8	1,1
Листові деревні матеріали	5,0	1,3	-7,4	1,8	1,6	2,2	8,3	1,4
Стружкові плити	0,9	1,9	-7,3	2,1	14,7	2,2	4,7	1,9
Орієнтовано-стружкові плити	8,9	5,9	-2,7	4,4	-10,2	4,2	-0,3	5,8
Деревоволокнисті плити	54,4	-0,1	-7,1	1,9	1,0	3,7	24,2	0,2
Тверді плити	50,2	-5,6	12,1	3,9	47,3	-0,9	68,1	-6,2

Джерело: розраховано автором за даними [39–46]

Як видно з табл. 1.14, серед видів продукції деревообробної галузі України загальносвітовим тенденціям розвитку здебільшого відповідають такі: пиломатеріали, шпон, листові деревні матеріали, стружкові плити, деревоволокнисті плити та тверді плити, причому темпи приросту виробництва та ємності ринку цих видів продукції перевищували загальносвітові.

До видів продукції деревообробної галузі, що неповною мірою відповідали загальносвітовим тенденціям, належали круглий ліс, діловий круглий ліс, паливна деревина, фанера, орієнтовано-стружкові плити. Характерним для цих видів продукції було зниження обсягів експорту та імпорту, а також коливання обсягів виробництва та ємності ринків.

У табл. 1.15 наведено порівняння темпів приросту грошово-цінових показників українського та світового ринків продукції деревообробної галузі в 2015–2020 рр.

Таблиця 1.15

**Порівняння показників грошово-цінових українського та світового ринків
продукції деревообробної галузі в 2015–2020 рр., %**

Види деревообробної продукції	Експорт		Імпорт		Експортні ціни		Імпортні ціни	
	Україна	Світ	Україна	Світ	Україна	Світ	Україна	Світ
Круглий ліс	-47,6	-2,0	-3,1	-1,6	3,7	-3,0	10,0	-2,4
Діловий круглий ліс	-85,4	-2,1	-3,1	-1,5	7,1	-3,6	10,0	-2,7
Паливна деревина	-27,5	-1,2	-4,9	-3,1	19,8	6,7	10,4	4,4
Пиломатеріали	7,4	1,5	18,1	1,2	0,2	-0,7	-6,0	-0,5
Шпон	20,1	2,1	14,6	1,6	-1,0	-0,2	-1,1	-1,2
Фанера	3,2	-1,9	-7,5	-1,5	12,5	-2,4	-2,9	-1,8
Листові деревні матеріали	-4,9	0,2	-1,5	0,1	2,7	-1,6	-3,1	-2,0
Стружкові плити	-11,1	1,3	1,1	0,9	-4,1	-0,8	-11,9	-1,2
Орієнтовано-стружкові плити	-11,7	10,1	-8,9	9,0	-9,2	5,4	1,4	4,7
Деревоволокнисті плити	-4,1	0,3	0,8	-0,2	3,3	-1,6	-0,2	-3,7
Тверді плити	12,5	0,9	21,4	-2,7	0,4	-2,9	-17,6	-1,9

Джерело: розраховано автором за матеріалами [39–46]

Як видно з табл. 1.15, серед видів продукції деревообробної галузі України, що характеризувалися зростанням обсягів експорту в грошовому виразі, зростанням експортних і зниженням імпорتنих цін, були пиломатеріали, шпон, фанера та тверді плити. Інші види продукції деревообробної галузі відзначалися зниженням експорту в грошовому об'ємі: найсуттєвішого зниження зазнали діловий круглий ліс (85,4%), круглий ліс (47,6%) та паливна деревина (27,5%).

У табл. 1.16 наведено порівняння темпів приросту експортоорієнтованості та імпортозалежності українського та світового ринків деревообробної галузі в 2015–2020 рр.

З табл. 1.16 видно, що за аналізований період в Україні відбулося зростання експортоорієнтованості лише у двох видах продукції деревообробної галузі – пиломатеріали та шпон, однак за цими видами продукції також відбулося суттєве зростання імпортозалежності.

Найбільш сильні темпи зниження експортоорієнтованості спостерігалися у таких видах продукції деревообробної галузі: діловий круглий ліс (86,6%),

круглий ліс (48,5%), деревоволокнисті плити (39,9%), паливна деревина (36,2%) та тверді плити (25,3%); водночас за цими видами продукції відбулося й суттєве зниження імпортозалежності.

Таблиця 1.16

**Порівняння показників експортоорієнтованості та імпортозалежності
українського та світового ринків продукції деревообробної галузі
у 2015–2020 рр., %**

Види деревообробної продукції	Е/V		І/Є	
	Україна	Світ	Україна	Світ
Круглий ліс	-48,5	0,2	-15,7	0,1
Діловий круглий ліс	-86,6	0,2	-21,1	-0,1
Паливна деревина	-36,2	-7,7	-12,7	-7,4
Пиломатеріали	0,3	1,1	19,7	0,8
Шпон	4,6	-1,6	9,0	-1,3
Фанера	-9,6	-0,6	-24,3	-0,8
Листові деревні матеріали	-11,8	0,5	-6,2	0,8
Стружкові плити	-8,1	0,2	9,5	0,2
Орієнтовано-стружкові плити	-10,7	-1,4	-9,9	-1,6
Деревоволокнисті плити	-39,9	2,1	-18,6	3,5
Тверді плити	-25,3	10,1	-12,4	5,6

Джерело: розраховано автором

Таким чином, проведене дослідження свідчить, що розвиток ринків продукції деревообробної галузі України здебільшого відповідає світовим тенденціям. За аналізований період відбулося суттєве зниження обсягів ринків продукції деревообробної галузі України з низькою часткою доданої вартості та помірне зростання обсягів ринків продукції з високою часткою доданої вартості.

Для забезпечення розвитку деревообробної галузі України у повоєнний період необхідно: збільшити диверсифікацію ринку продукції з деревини задля стимулювання виробництва продукції з глибоким ступенем переробки; сприяти комплексній переробці деревини; спростити доступ до сировини для вітчизняного виробника; стимулювати збільшення глибинної переробки деревини та експорту продукції з деревини з високою доданою вартістю;

збільшити обсяги фінансування українських деревопереробників; прискорити розбудову індустріальних парків.

1.3. Обґрунтування пріоритетів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки

Деревообробна галузь є одним із важливих секторів лісопромислового комплексу України та країн світу. У контексті інтеграції України до європейського економічного простору та необхідності забезпечення сталого розвитку питання управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки набуває особливої актуальності.

Проблематика управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки привертає увагу теоретиків і практиків уже тривалий час.

Методологічну основу дослідження становить бібліометричний підхід [36; 47–49], який дає змогу кількісно оцінити розвиток наукового напрямку та змістовно простежити його тематичну еволюцію, структуру наукових зв'язків, провідні дослідницькі акценти й зміну інтелектуального ядра в часі. Інформаційною базою дослідження стали публікації, індексовані у наукометричній базі Scopus. Пошукові запити формувалися у полі назви, анотації та ключових слів.

Пошукову стратегію реконструкції широкого макрополя досліджень розвитку деревообробної галузі в умовах циркулярної економіки наведено у табл. 1.17.

Таблиця 1.17

Пошукова стратегія дослідження

Параметр	Характеристика
Назва	Розвиток деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки

Продовження табл. 1.17

Пошуковий фокус	Поєднання деревообробної галузі з циркулярною економікою
Пошуковий запит	TITLE-ABS-KEY (“circular economy” AND (“woodworking industry*” OR “forestry industry*”))
Основні обмеження	Виключено 2027 р.; виключено афіліацію авторів із російською федерацією; залишено публікації фінальної стадії
Кількість документів	11518
Хронологічне охоплення	1982–2026 рр.
Аналітична роль	Реконструкція широкого макрополя досліджень розвитку деревообробної галузі в умовах циркулярної економіки

Джерело: сформовано автором за даними Scopus

Як видно з табл. 1.17, на першому етапі дослідження сформовано первісну вибірку з 11518 документів 1982–2026 рр., яка охоплює публікації, пов’язані з розвитком лісової та деревообробної галузей на засадах циркулярної економіки.

У табл. 1.18 наведено динаміку публікаційної активності за цим напрямом досліджень.

Таблиця 1.18

Динаміка публікаційної активності

Період	Кількість документів	Частка у масиві, %	Характеристика розвитку
1982–2005	44	0,3	Початкове формування проблематики; поодинокі праці щодо лісонасадження, лісозаготівлі, торгівлі лісовою продукцією
2006–2010	105	0,9	Розширення досліджень на тлі зростання попиту на лісові ресурси, підтримка екологічного безпечного розвитку
2011–2019	820	7,1	Актуалізація забезпечення енергетичної безпеки. Розвиток технології виробництва біопалива
2020–2023	3930	34,1	Прискорення досліджень. Ключові напрями: ланцюги створення вартості, відновлення ресурсів, управління відходами, штучний інтелект, цифровізація
2024–2026	6619	57,5	Вибухове зростання публікаційної активності; провідний напрямок біокомпозити, біовугілля, лінгоцелулозні матеріали

Джерело: розраховано та складено автором за даними Scopus

Динаміка, яку наведено в табл. 1.18, показує, що широке поле досліджень розвитку деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки має тривалу, але нерівномірну траєкторію. До 2010 р. публікаційна активність залишалася незначною, починаючи з 2020 р. кількість публікацій стрімко зростає, що пов'язано зі змінами клімату, енергетичною кризою, цифровізацією, декарбонізацією.

У табл. 1.19 наведено провідні джерела публікацій за обраним напрямом досліджень.

Таблиця 1.19

Провідні джерела публікацій управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки

Джерело	Кількість документів	Частка у масиві, %	Змістова роль
Sustainability	603	5,2	Сталий розвиток, енергетичний перехід, міські системи та політики
Journal of Cleaner Production	351	3,0	Міждисциплінарні дослідження чисте виробництво, навколишнє середовище, сталий розвиток
Energies	175	1,5	Міждисциплінарні дослідження енергетики, відновлюваних джерел енергії, енергоефективності та енергетичних систем
Forests	136	1,2	Лісова галузь, стійке лісовикористання, екологія
Renewable and Sustainable Energy Reviews	119	1,0	Оглядові праці щодо відновлюваної енергетики, сталості та енергетичного переходу

Джерело: складено автором на основі Scopus

Аналіз провідних джерел у табл. 1.19 показує, що науковий дискурс управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки формується у трьох взаємопов'язаних площинах: сталий розвиток, лісова галузь, енергетика.

Географічна структура, подана в табл. 1.20, свідчить про високу концентрацію наукового лідерства у США, Китаї та Індії.

Таблиця 1.20

Країни-лідери за кількістю публікацій

Країна	Кількість документів	Частка у масиві, %	Інтерпретація
Китай	2687	23,3	Потужний центр досліджень енергетичного переходу, відновлюваної енергетики, моделювання та оптимізації
Індія	1216	10,6	Активність у напрямках енергетичної доступності, відновлюваної енергетики
США	1097	9,5	Провідна школа досліджень енергосистем, ризик-менеджменту
Італія	779	6,8	Енергоефективність і відновлювана енергетика
Велика Британія	763	6,6	Внесок у політику декарбонізації, енергетичний перехід та інфраструктурну стійкість

Джерело: складено автором на основі Scopus

Наведені країни є лідерами з розвитку відновлюваної енергетики й цифрових технологій; вони формують основні напрями міжнародного дискурсу у сфері управління деревообробною галуззю на засадах циркулярної економіки.

Галузева структура підтверджує, що серед публікацій домінують такі сфери, як екологія, інженерія, енергетика.

Найбільш цитовані публікації з управління розвитком деревообробною галуззю на засадах циркулярної економіки присвячені питанням:

розвитку відновлюваної енергетики та змінам клімату (А. G. Olabi, М. А. Abdelkareem [50] – 1503 посилання);

практичній реалізації стратегії циркулярної економіки в Китаї (Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu. X. [51] – 1179 посилань);

утворенню і переробці будівельних та демонтажних відходів (Akhtar A., Sarmah A. K. [52] – 1143 посилання).

Для поглиблення змістовної інтерпретації було використано карти VOSviewer, які дозволили виявити ключові тематичні вузли та зв'язки між поняттями.

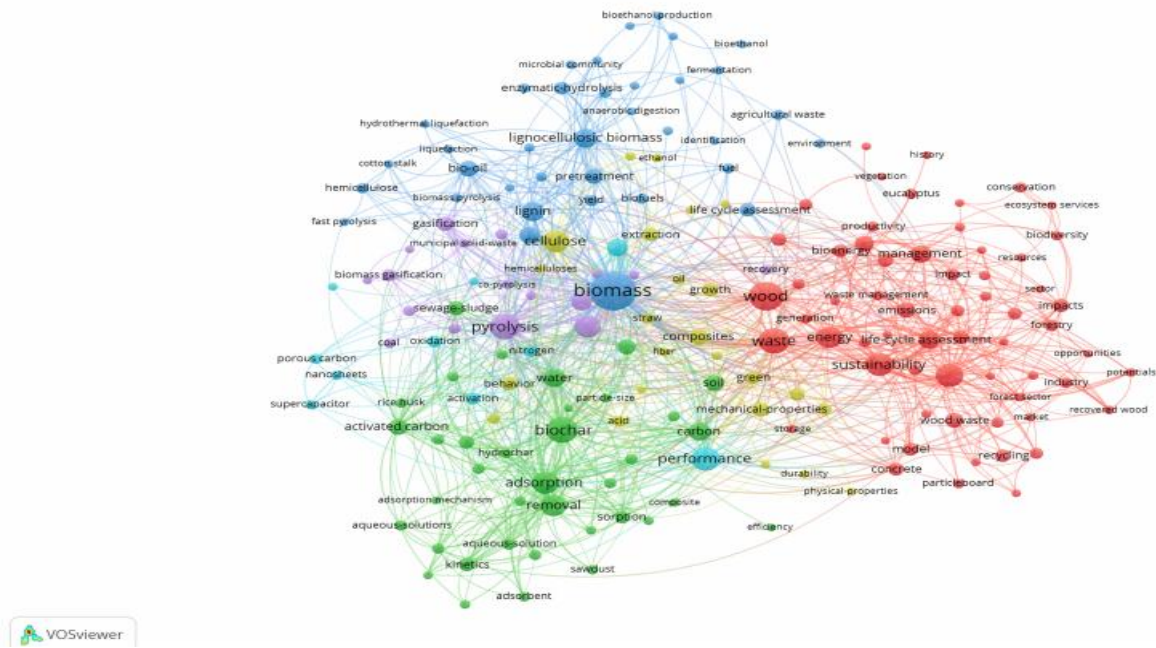


Рис. 1.3. Карта співзустрічальності ключових слів управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки

Джерело: побудовано автором за даними Scopus з використанням інструментарію VOSviewer

Як видно з рис. 1.3, управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки знаходиться на перетині кількох тематичних підсистем. У центрі карти розташовані найбільші вузли: деревина, біомаса, деревні відходи, сталий розвиток, циркулярна економіка, життєвий цикл, ефективність.

Таке розташування свідчить, що управління розвитком деревообробної галузі поєднує технологічні, екологічні, енергетичні та економічні виміри.

Блок сталого розвитку і циркулярної економіки (червоний) охоплює публікації, зосереджені на переробці деревних відходів, життєвому циклі виробів із деревини, біоекономіці, лісовій галузі та використанні деревини в будівництві. Інші сектори карти (синій та зелений) пов'язані з енергетичним використанням деревини: біовугілля, біомаса, лігнін, піроліз. Отже, карта фіксує перехід від технологічної проблеми переробки деревини до ширшої категорії, що охоплює енергетичний перехід і управління сталим розвитком.

Для систематизації результатів картографування ключових слів було узагальнено основні змістові кластери досліджень щодо управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки (табл. 1.21).

Таблиця 1.21

Тематичні кластери досліджень управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки

Кластер	Ключові слова	Змістова інтерпретація
Сталий розвиток і циркулярна економіка	сталий розвиток, вуглецеві викиди, циркулярна економіка, лісова галузь, деревина, життєвий цикл	розкриває екологічний і кліматичний вимір
Технології	біовугілля, композитні матеріали, абсорбція, піроліз	формує технічне ядро енергетичного використання деревини
Енергетичний перехід і відновлювані джерела	відновлювана енергетика, біомаса, лігнін	пов'язує управління деревообробною промисловістю з енергетичним переходом
Управління й економічна ефективність	бізнес-моделі, економічний аналіз, інновації, ефективність, стратегія	управління розвитком деревообробної галузі

Джерело: складено автором на основі Scopus з використанням інструментарію VOSviewer

Як показано в табл. 1.21, тематична структура публікацій охоплює такі драйвери розвитку деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки: сталий розвиток і циркулярна економіка, технології, енергетичний перехід, управління.

Для обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки пропонується організаційний підхід, що містить такі етапи: ідентифікацію основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі; оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу; обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що дозволяє формалізувати процес

прийняття управлінських рішень щодо впровадження каскадно-циркулярного підходу.

Основні процедури та методи дослідження визначення напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки наведені в табл. 1.22.

Таблиця 1.22

Основні процедури та методи дослідження визначення напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки

Етап	Основні процедури	Матеріали та методи дослідження
1. Ідентифікація основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі	1.1. Ідентифіковано основні змістовні детермінанти управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки	<i>Метод:</i> бібліометричний аналіз. <i>Аналітичний базис:</i> наукові публікації по аналізованій проблематиці проіндексовані наукометричною базою даних Scopus
2. Оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу	2.1. Оцінка стану деревообробної галузі України та країн світу	<i>Методи:</i> метод таксономічного аналізу, метод адитивного агрегування, матричний підхід. <i>Статистичний базис:</i> дані FAO та Європейської економічної комісії ООН; міжгалузеві баланси
	2.2. Розрахунок інтегрального показника рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу	
	2.3. Обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України	
3. Обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки	3.1. Розробка сценарію використання паливного потенціалу деревини в Україні (енергетичний каскад)	<i>Методи:</i> сценарне моделювання, метод таксономічного аналізу, метод адитивного агрегування. <i>Статистичний базис:</i> результати попередніх розрахунків, дані FAO та Європейської економічної комісії ООН
	3.2. Обґрунтування пріоритетних видів продукції деревообробної галузі України (матеріальний каскад)	
	3.3. Розробка пропозицій щодо впровадження циркулярних бізнес-моделей в деревообробній галузі	

Джерело: сформовано автором

Як видно з табл. 1.22, визначення напрямів розвитку деревообробної галузі України складається з послідовності таких етапів:

на першому етапі формуються теоретичні засади управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки. Ключовим на цьому етапі є ідентифікація основних змістовних детермінант управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки, що базується на аналізі наробок науковців з досліджуваної проблематики;

на другому етапі оцінюється рівень розвитку деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадно-циркулярного підходу. На цьому етапі оцінюється стан деревообробної галузі України та країн світу. Формується система показників для оцінки рівня розвитку деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності. Здійснюється оцінювання рівня розвитку деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності, яке ґрунтується на ієрархічно побудованій системі показників (інтегральних, комплексних і часткових) та включає такі складові: сталість ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси. Визначаються напрями структурних перетворень в деревообробній галузі України на основі міжгалузевого моделювання, матричного аналізу прямих і повних витрат та операціоналізації R–принципів циркулярної економіки;

на третьому етапі визначаються перспективні напрями розвитку деревообробної галузі України за енергетичним та матеріальним каскадом, а також розробляються практичні рекомендації щодо впровадження циркулярних бізнес-моделей.

Запропонований організаційний підхід дозволить обґрунтувати пріоритети впровадження каскадно-циркулярної моделі в деревообробній галузі України.

Висновки до розділу 1

1. Узагальнено теоретичні підходи до визначення сутності поняття «циркулярна економіка». Наведено порівняльну характеристику ключових термінів циркулярної економіки: циркулярний підхід, замкнені цикли, промисловий симбіоз, циркулярна бізнес-модель, вторинна сировина, екодизайн.

2. Визначено, що циркулярна економіка є багаторівневою системою, у межах якої стратегічні орієнтири розвитку деревообробної галузі реалізуються через циркулярний підхід шляхом впровадження циркулярних бізнес-моделей і технологічних рішень (замкнені цикли, вторинна сировина, екодизайн). Таким чином, циркулярна економіка виступає не лише концептуальним продовженням ідей сталого розвитку, а й практичним інструментом їх реалізації у деревообробній галузі.

3. Для виявлення контекстуальних і часових закономірностей розвитку представлення досліджень з проблеми циркулярної економіки в науковій літературі проведено бібліометричний аналіз наукових публікацій, що індексуються в базі даних Scopus, з використанням інструментарію VOSviewer v. 1.6.20. Бібліометричний аналіз із центральною категорією «циркулярна економіка» дозволив виділити основні кластери публікацій: відновлювана енергетика; ресурсоефективність; сталий розвиток; рециклінг; циркулярна бізнес-модель.

4. Доведено доцільність впровадження каскадування у деревообробній галузі. Узагальнено чинники, що впливають на впровадження каскадно-циркулярного підходу в деревообробній галузі: політичні, економічні, технологічні та екологічні.

5. Здійснено порівняння динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі за показниками: обсяг виробництва, експорт, імпорт, внутрішнє споживання, експортоорієнтованість та імпортозалежність. Визначено, що за аналізований період відбулося суттєве зниження обсягів ринків

продукції деревообробної галузі України з низькою часткою доданої вартості та помірне зростання обсягів ринків продукції з високою часткою доданої вартості.

6. Із використанням бібліометричного аналізу ідентифіковано основні змістовні детермінанти управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки. Визначено, що цей напрям досліджень знаходиться на перетині кількох тематичних підсистем. Найбільш вживаними ключовими словами в публікаціях з управління розвитком деревообробною галуззю на засадах циркулярної економіки є: деревина, біомаса, деревні відходи, сталий розвиток, циркулярна економіка, життєвий цикл, ефективність. Сформовано чотири тематичні кластери досліджень: сталий розвиток і циркулярна економіка, технології, енергетичний перехід, управління та ефективність. Країнами-лідерами, за кількістю публікацій в цій сфері є Китай, Індія, США.

7. Часова візуалізація тематичної еволюції досліджень з управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки показала, що раніше актуалізовані тематичні вузли тяжіють до понять, пов'язаних із деревиною, лісовою галуззю, впливу на екологію. Новіші тематичні вузли, які позначено світлішими відтінками, зосереджені навколо понять «переробка деревних відходів», «біовугілля», «біоетанол», «біогаз». Це засвідчує перехід до більш технологічно насиченого дискурсу енергетичного використання деревини.

8. Запропоновано організаційний підхід до обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що включає: ідентифікацію основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі → оцінювання рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу → обґрунтування напрямів розвитку деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки, що дозволяє формалізувати процес ухвалення управлінських рішень щодо впровадження каскадно-циркулярного підходу.

Результати авторських напрацювань відображено у наукових публікаціях [53–57].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Pearce D. W., Turner K. R. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore : Johns Hopkins University Press. 1989.
2. Reike D., Vermeulen W. J. V., Witjes S. The circular economy: New or refurbished as CE 3.0? *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol. 135. P. 246–264.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
3. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
4. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 127. P. 221–232.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
5. Prieto-Sandoval V., Jaca C., Ormazabal M. Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
6. Гурочкіна В. В., Будзинська М. С. Циркулярна економіка: українські реалії та можливості для промислових підприємств. *Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування*. 2020. Вип. 5. С. 52–64.
DOI: <https://doi.org/10.33244/2617-5932.5.2020.52-64>
7. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. M. P., Hultink E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757–768.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
8. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*. 2018. Vol. 143. P. 37–46.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

9. Bocken N. M. P., de Pauw I., Bakker C., van der Grinten B. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 2016. Vol. 33. No. 5. P. 308–320.

DOI: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

10. Velenturf A. P. M., Purnell P. Principles for a Sustainable Circular Economy. *Sustainable Production and Consumption*. 2021. Vol. 27. No. 1. P. 1437–1457.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>

11. Шкуренко О. В. Циркулярна економіка як передумова формування інноваційних платформ сталого розвитку суб'єктів підприємницької діяльності. *Бізнес Інформ*. 2021. № 4. С. 323–330.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-4-323-330>

12. Швець А. І. Циркулярна економіка як нова модель розвитку економіки України в процесі євроінтеграції. *Економічний вісник*. 2022. № 1. С. 43–49.

DOI: <https://doi.org/10.33271/ebdut/77.043>

13. Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Policy. Paris : OECD Publishing, 2019. 114 p.

DOI: <https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en>

14. A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and More Competitive Europe. Brussels : European Commission, 2020. 20 p. URL: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF

15. Chertow M. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*. 2000. Vol. 25. P. 313–337.

DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>

16. Кизим М. О., Шпілевський В. В., Трушкіна Н. В., Шпілевський О. В. Теоретичні засади циркулярного підходу до організації діяльності в секторах економіки. *Агросвіт*. 2026. № 2. С. 62–74.

DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2026.2.62>

17. Кизим М. О., Хаустова В. Є., Шпілевський В. В., Шпілевський О. В. Обґрунтування перспективних напрямів розвитку циркулярної економіки в Україні. *Проблеми економіки*. 2023. № 3. С. 101–111.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-3-101-111>

18. Обґрунтування пріоритетних напрямів розвитку деревообробної промисловості України у повоєнний період : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. О. Губаревої. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2022.

19. Vasylieva T. A., Us Ya. O., Liulov O. V., Pimonenko T. V. Reinzhyhirnyh biznes-protsesiv pidpryiemstv: vid tradytsiinoho do tsyfrovoho marketynhu. *Bulletin of Sumy State University. Series: Economy*. 2020. Vol. 3. P. 309–318.

DOI: <https://doi.org/10.21272/1817-9215.2020.3-35>

20. Деревообробна промисловість України та країн світу: стан, проблеми і перспективи розвитку : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. О. Губаревої. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 272 с.

21. Circularity concepts in forest-based industries // UNECE. URL: https://unece.org/sites/default/files/2022-05/Circularity%20concepts%20in%20forest-based%20industries%20ECE_TIM_SP_49.pdf

22. Guidelines for Measuring Circular Economy (Part A: Conceptual Framework, Indicators and Measurement Framework) // UNECE. URL: https://unece.org/sites/default/files/2024-02/ECECESSTAT20235_WEB.pdf

23. Sirkin T., ten Houten M. The cascade chain: A theory and tool for achieving resource sustainability with applications for product design. *Resources, Conservation and Recycling*. 1994. Vol. 10. No. 3. P. 213–276.

DOI: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0921-3449(94)90016-7)

24. Mapping Study on Cascading Use of Wood Products // WWF. URL: https://awsassets.panda.org/downloads/cascading_use_of_wood_web.pdf

25. FAO. The State of the World's Forests 2022. Forest pathways for green recovery and building inclusive, resilient and sustainable economies. Rome : FAO, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.4060/cb9360en>

26. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council.
// EUR-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023L2413>

27. Activities of the Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries // FAO. URL: <https://www.fao.org/forestry/statutory-bodies/advisory-committee-on-sustainable-forest-based-industries/acsf-activities/en>

28. Olsson O., Bruce L., Roos A., Hektor B., Guison R., Lamers P., Hartley D., Ponitka J., Hildebrandt J., Thrän D. Cascading of Woody Biomass: definitions, policies and effects on international trade. *IEA Bioenergy Task 40*. 2016. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934118303708>

29. Odegard I., Croezen H., Bergsma G. Cascading of Biomass: 13 Solutions for a Sustainable Bio-based Economy. CE Delft, 2012. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934118303708>

30. Микитенко В. В., Демешок О. О. Каскадні форми організації виробничо-господарської взаємодії: методологічні основи управління забезпеченням результативності функціонування. *Економіка природокористування і охорони довкілля*. 2015. С. 197–209. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2015_2015_22

31. Вахович І. М., Матрунчик Д. М., Недопад Г. В. Каскадно-циркулярна модель інноваційної трансформації регіональних господарських комплексів: фундаментальні принципи, пріоритети і воєнні та поствоєнні виклики. *Бізнес Інформ*. 2023. 8. С. 65–72.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-65-72>

32. Jarre M., Petit-Boix A., Priefer C., Meyer R., Leipold S. Transforming the bio-based sector towards a circular economy – What can we learn from wood cascading? *Forest Policy and Economics*. 2020. No. 110. Art. 101872.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.01.017>

33. Прохорова В. В., Шкуренко О. В., Кравченко О. О., Мягих І. М., Далик В. П., Костюк О. С., Маковоз О. В. Розробка моделі оцінки ефективності

циркулярних трансформацій в контексті трансферу технологій. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Т. 3(13(129)). С. 100–112.

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.303992>

34. Sobko O., Gavkalova N., Kurbatska L., Boichyk V., Krysovaty I. Green Entrepreneurship Strategies: Integrating Eco-Friendly Energy Technologies with the Digital Economy. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 2024. Vol. 7. No. 3. P. 92–114.

DOI: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr05>

35. Жовновач Р. І., Бурлака В. В., Гришин А. М. Стратегічні імперативи розвитку підприємств деревообробної галузі: циркулярна економіка та економічна безпека. *Ефективна економіка*. 2026. № 3.

DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2026.3.64>

36. Губарева І. О., Зінченко В. А., Манойленко О. В., Благун С. І. Детермінанти забезпечення конкурентоспроможності деревообробної промисловості в Україні у повоєнний період. *Проблеми економіки*. 2022. № 1. С. 33–40.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-1-33-40>

37. Кушніренко О. М., Зарудна О. С. Удосконалення ринку деревообробної промисловості України // Market-Infrastructure. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2017/12_2017_ukr/12.pdf

38. Gavkalova N., Martin J., Shmygol N. Innovative circular business model as a tool for applying rational consumption of the natural resource landscape. *Frontiers in Environmental Economics*. 2025. Vol. 4.

DOI: <https://doi.org/10.3389/frevc.2025.1559124>

39. Forest Products Annual Market Review 2019–2020 // Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://unece.org/fileadmin/DAM/timber/publications/2020/SP-50.pdf>

40. FAO Yearbook of Forest Products. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/6fdc429f-1d35-428d-bcde-326070d6d3ad>

41. Global Forest Resources Assessments. Country Reports 2020 // FAO.

URL: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/>

42. Forest Products Annual Market Review 2019–2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. 96 p.

43. Forestry Production and Trade // FAOSTAT. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

44. The Global Forest Resources Assessments 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. 186 p.

45. The State of the World's Forests 2020 // FAO. URL: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca8642en/>

46. Annual Review of the Forest Products Market. FAO, 2020. URL: <http://unece.org>

47. Хаустова В. Є., Трушкіна Н. В., Проноза П. В., Юденко Є. В. Реструктуризація економіки країни: бібліометричний аналіз досліджень. *Проблеми економіки*. 2025. № 2. С. 143–159.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-2-143-159>

48. Trofymenko O., Ilyash O., Koba N., Kuzminska N., Koba M. Clusterization of the countries by the level of achieving the sustainable development goals for economic development. *Circular Business Management in Sustainability*. Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (ISCMEE 2022), October 19–20, 2022, Izmir, Turkey. Springer. P. 170–182. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-23463-7_11

49. Губарева І., Трушкіна Н. Інфраструктурне забезпечення управління зовнішньоекономічною діяльністю підприємств деревообробної промисловості України. *Фінансово-кредитні системи: перспективи розвитку*. 2024. № 1(12). С. 37–51.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2786-4995-2024-1-04>

50. Olabi A. G., Abdelkareem M. A. Renewable energy and climate change. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 158. P. 112111.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112111>

51. Su B., Heshmati A., Geng Y., Yu X. A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 42.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>

52. Akhtar A., Sarmah A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 186.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>

53. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Обґрунтування стратегічних напрямів розвитку деревообробної промисловості країн світу. *Проблеми економіки*. 2022. № 3. С. 4–11.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-4-11>

54. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної промисловості. *Проблеми економіки*. 2023. № 1. С. 32–41.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-1-32-41>

55. Перепеліцин Г. Б. Аналіз контекстуальних і часових закономірностей розвитку поглядів на розвиток циркулярної економіки // Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти : монографія / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми : Сумський державний університет, 2023. С. 124–132.

56. Перепеліцин Г. Б. Стан і тенденції дослідження проблеми циркулярної економіки в світі. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., секція 1: Біоекономіка і соціальні виклики у формуванні продовольчої безпеки та якості життя (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 273–275.

57. Перепеліцин Г. Б., Самойленко В. С., Марущенко О. О. Тенденції та напрями досліджень в сфері сталого розвитку // Science and society: modern trends in a changing world : Proceedings of the 10th International scientific and practical

conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/x-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scienceand-society-modern-trends-in-a-changing-world-2-4-09-2024-viden-avstriya-arhiv/>

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА РІВНЯ КАСКАДНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ТА КРАЇН СВІТУ

2.1. Оцінка стану переробки деревини в Україні та країнах світу

Сучасний розвиток деревообробної галузі характеризується переходом до сталого та ресурсоефективного виробництва, яке ґрунтується на принципах циркулярної економіки, що передбачають зменшення відходів і повторне залучення матеріалів до виробництва. Завдяки такому підходу кожен кубометр деревини раціонально використовується на всіх етапах її переробки, що дозволяє зменшити споживання первинної сировини та знизити екологічне навантаження на лісові ресурси.

Практичним інструментом реалізації принципів циркулярної економіки в деревообробній галузі є концепція каскадного використання деревини. Каскадне використання ресурсів означає послідовну експлуатацію матеріалів для різних цілей, зазвичай через декілька етапів їх застосування перед остаточними процесами виробництва енергії [1].

Метою каскадного використання є оптимізація ефективності ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля [2], зокрема через відтермінування фінального етапу утилізації та енергетичного відновлення шляхом використання біомаси у високовартісних сегментах на вищих ієрархічних рівнях каскаду протягом тривалого часу [3].

З технічної точки зору каскадне використання деревини відбувається, коли деревина переробляється на продукт, і цей продукт використовується щонайменше ще раз: або як матеріал, або як енергетичний продукт.

В одноступеневому каскаді деревина переробляється на продукт, який знову використовується для отримання енергії. У багатоступеневому каскаді

деревина переробляється на продукт, який використовується щонайменше ще раз у матеріальній формі перед утилізацією або відновленням для енергетичних цілей [4].

Виходячи з наведеного вище, оцінку стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності пропонується здійснювати за структурно-логічною схемою, наведеною на рис. 2.1.

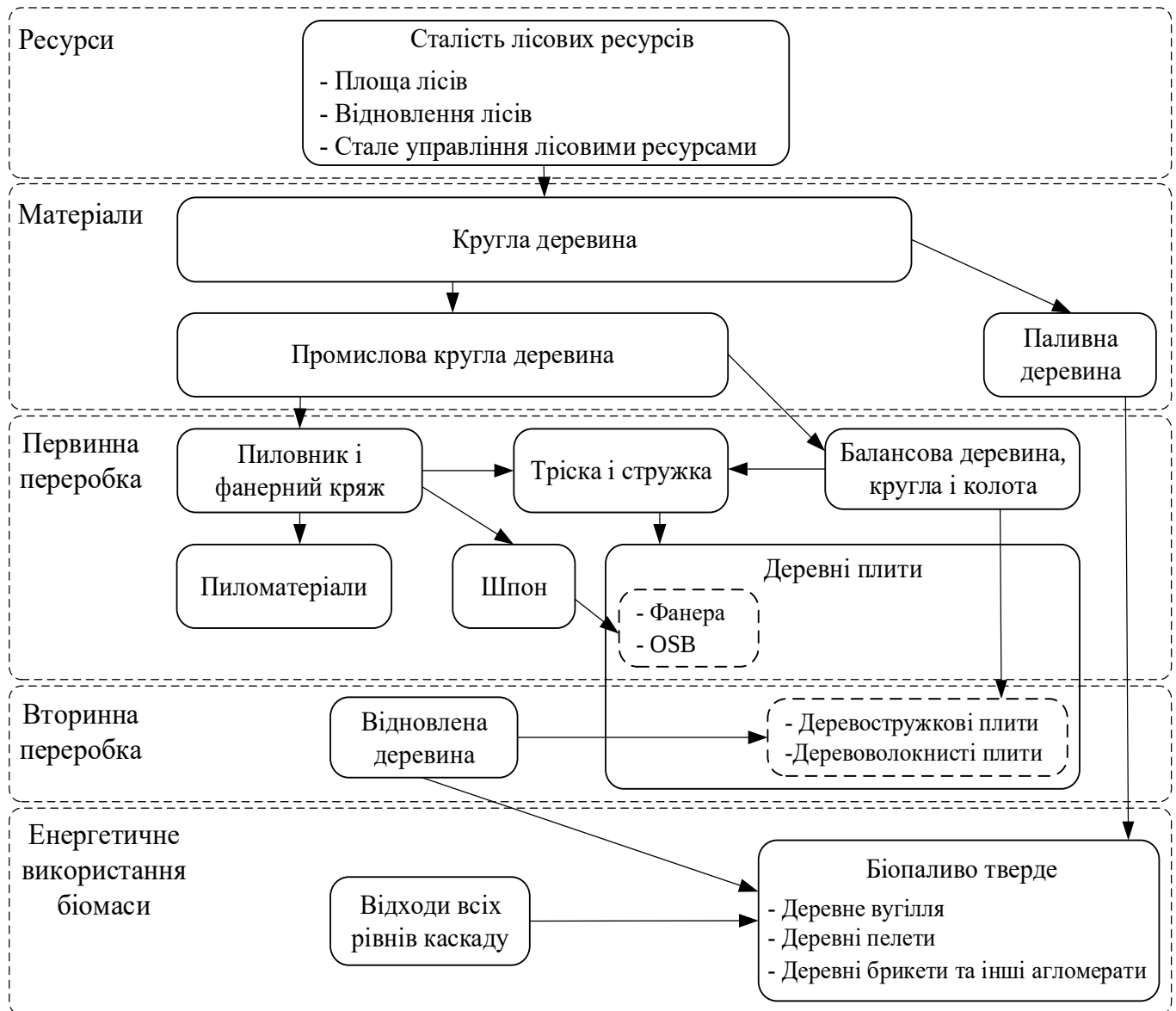


Рис. 2.1. Структурно-логічна схема оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності

Джерело: сформовано автором за [5; 6; 7; 8]

Проведемо оцінку стану деревообробної галузі України та країн світу за даними «Глобальної оцінки лісових ресурсів 2025» [9] та Продовольчої та

сільськогосподарської організації ООН (FAO) [10].

Відповідно до рис. 2.1 на першому етапі запропонованої структурно-логічної схеми необхідно визначити ресурсний потенціал деревообробної галузі України та країн світу. Оцінку ресурсного потенціалу деревообробної галузі пропонується здійснити за такими показниками: частка лісів у загальній площі країни, середньорічний темп приросту площі лісів.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки лісів у загальній площі наведено на рис. 2.2 та табл. А.1 Додатка А.

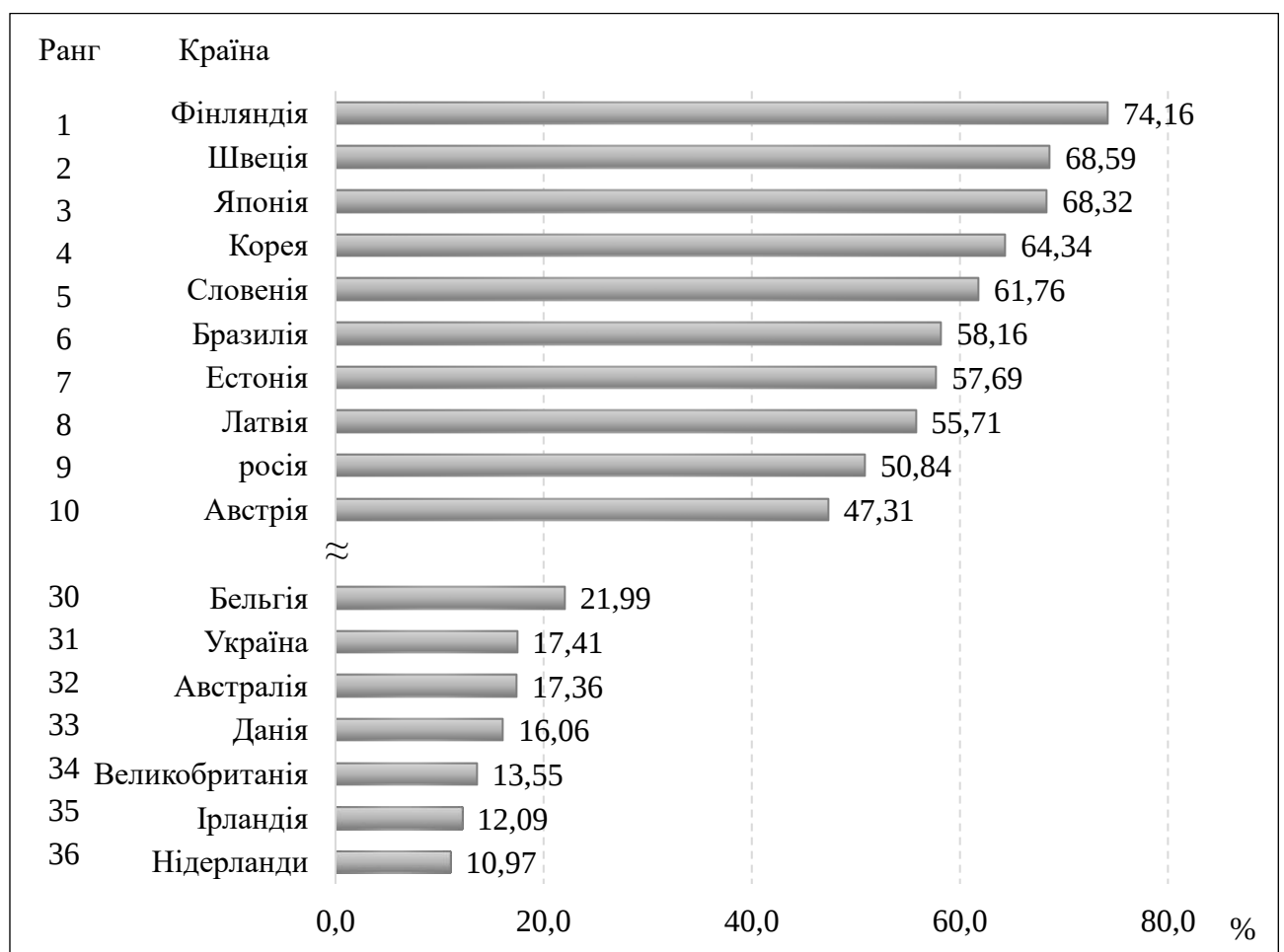


Рис. 2.2. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки лісів у загальній площі 2024 р.

Джерело: укладено автором за [9]

З рис. 2.2 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки лісів у загальній площі було віднесено: Фінляндію – 74,16 % (1-ше місце), Швецію – 68,59 % (2-ге місце), Японію – 68,32 % (3-тє місце), Корею – 64,34 %

(4-те місце) та Словенію – 61,76 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Нідерланди – 10,97 % (36-те місце), Ірландію – 12,09 % (35-те місце), Велику Британію – 13,55 % (34-те місце), Данію – 16,06 % (33-те місце) та Австралію – 17,36 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки лісів у загальній площі 17,41 % посіла 31-ше місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника середньорічного темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр. наведено на рис. 2.3 та табл. А.1 Додатка А.

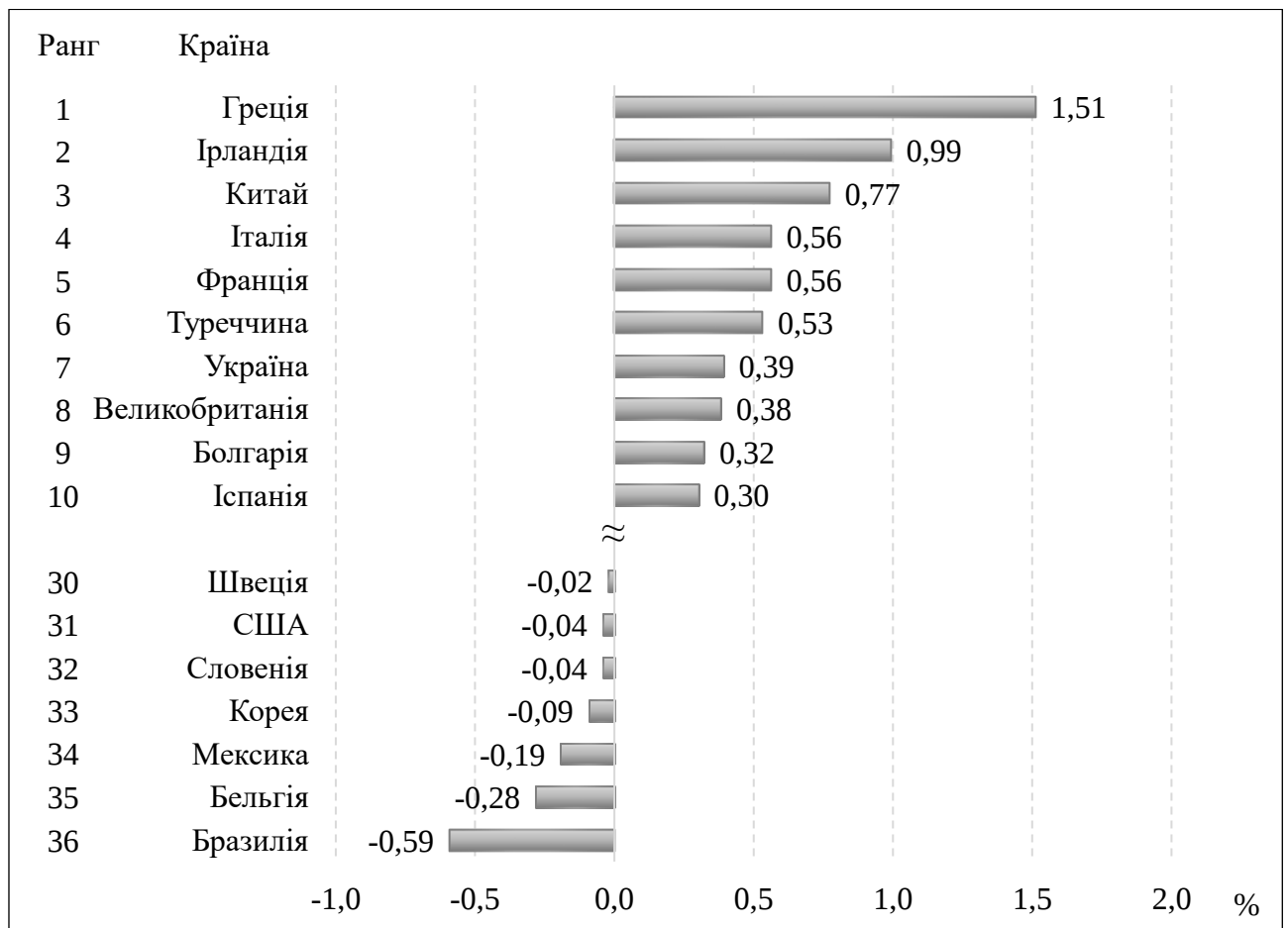


Рис. 2.3. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника середньорічного темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр.

Джерело: укладено автором за [9]

З рис. 2.3 видно, що до групи країн з високим рівнем показника середньорічного темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр. було віднесено:

Грецію – 1,51 % (1-ше місце), Ірландію – 0,99 % (2-ге місце), Китай – 0,77 % (3-тє місце), Італію – 0,56 % (4-те місце) та Францію – 0,56 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Бразилію – -0,59 % (36-те місце), Бельгію – -0,28 % (35-те місце), Мексику – -0,19 % (34-те місце), Корею – -0,09 % (33-тє місце) та Словенію – -0,04 % (32-ге місце). Україна зі значенням показника середньорічного темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр. 0,39 % посіла 7-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Важливим показником, який визначає рівень конкурентоспроможності деревообробної галузі країни, її експортний потенціал та стале лісоуправління, є частка лісів, під охопленням незалежних систем сертифікації управління лісами. Наявність сертифіката незалежної системи сертифікації лісів, таких як FSC (*Forest Stewardship Council*), гарантує, що всі зацікавлені сторони ланцюга постачання дотримуються принципів сталого розвитку.

Сертифікація ланцюжка постачання (CoC) дозволяє відстежувати походження деревини та шлях продукції на кожному етапі: від заготівлі сировини до зберігання й постачання кінцевому споживачу [11]. Сертифікація запобігає виснаженню лісів і знижує рівень тінізації в лісовій галузі.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки лісів під незалежними системами сертифікації управління лісами у 2024 р. наведено на рис. 2.4 та табл. А.1 Додатка А.

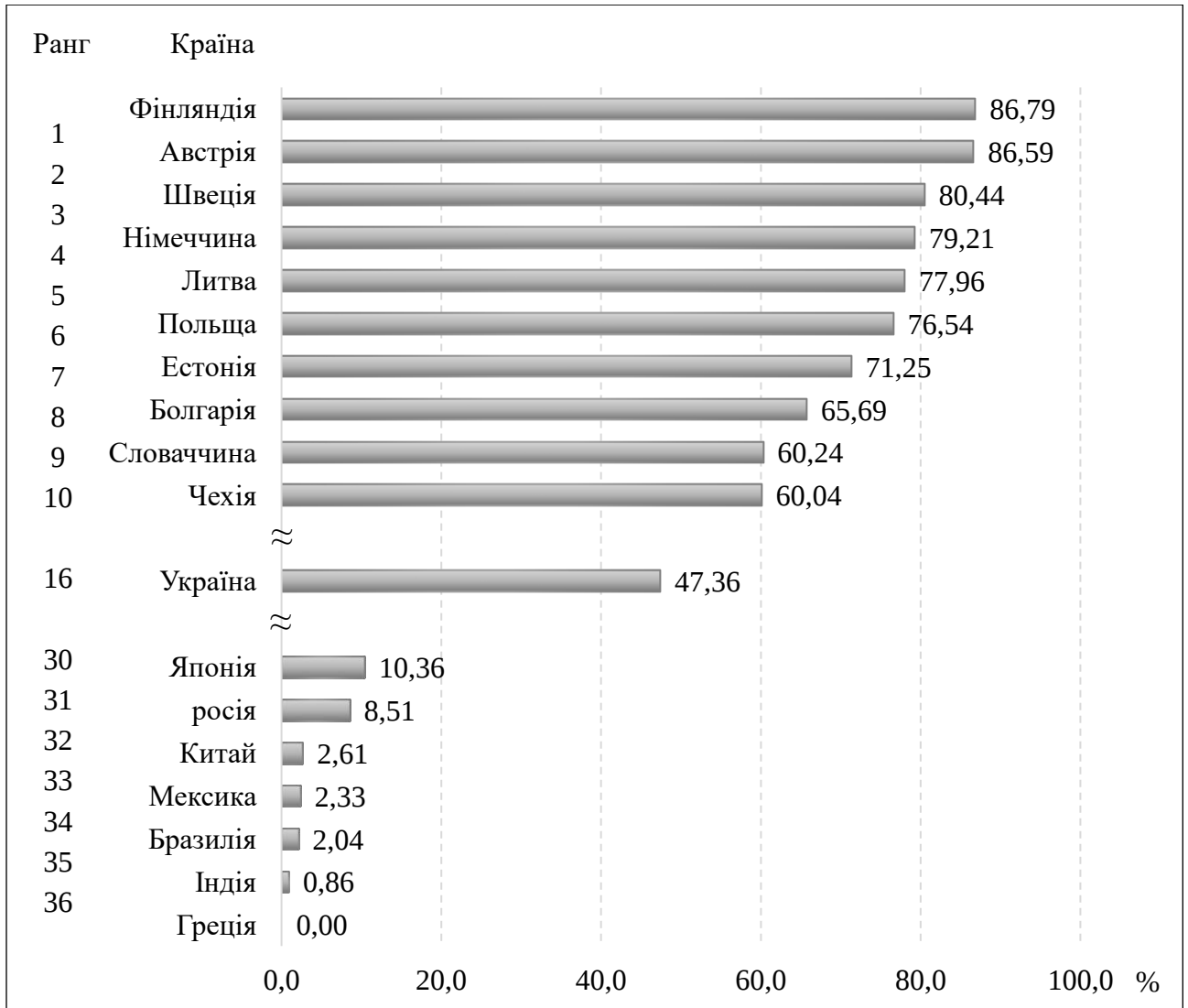


Рис. 2.4. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки лісів під незалежними системами сертифікації управління лісами у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [9]

З рис. 2.4 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки лісів під незалежними системами сертифікації управління лісами було віднесено: Фінляндію – 86,79 % (1-ше місце), Австрію – 86,59 % (2-ге місце), Швецію – 80,44 % (3-тє місце), Німеччину – 79,21 % (4-те місце) та Литву – 77,96 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Грецію – 0,0 % (36-те місце), Індію – 0,86 % (35-те місце), Бразилію – 2,04 % (34-те місце), Мексику – 2,33 % (33-тє місце) та Китай – 2,61 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки лісів під незалежними системами

сертифікації управління лісами – 47,36 % – посіла 16-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Обробка деревини поділяється на два ключові етапи: первинну (лісопильну) та вторинну (промислову). Вони мають принципово різні завдання, технології та кінцевий продукт.

Головна мета первинної обробки деревини – переробити круглу промислову деревину на пиломатеріали, які є сировиною для подальшого використання. На цьому етапі структура самої деревини не змінюється.

Первинна обробка містить такі процеси: очищення від кори, розпилювання, сушіння. На етапі вторинної обробки деревини з пиломатеріалів виготовляють кінцеву продукцію або напівфабрикати для будівництва та виробництва меблів (шпон, деревостружкові плити, деревоволокнисті плити).

Проаналізуємо стан первинної переробки деревини в Україні та країнах світу за такими показниками: частка промислової круглої деревини у круглій деревині, частка паливної деревини у круглій деревині, частка пиловника і фанерного кряжу у промисловій круглій деревині, частка балансової деревини у промисловій круглій деревині, частка фанери в деревних плитах, частка OSB в деревних плитах, частка деревостружкових плит у деревних плитах, частка деревоволокнистих плит в деревних плитах, які дозволяють оцінити стан переробки деревини в Україні та країнах світу на нижчих етапах каскаду.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки промислової круглої деревини у круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.5 та у табл. А.1 Додатка А.

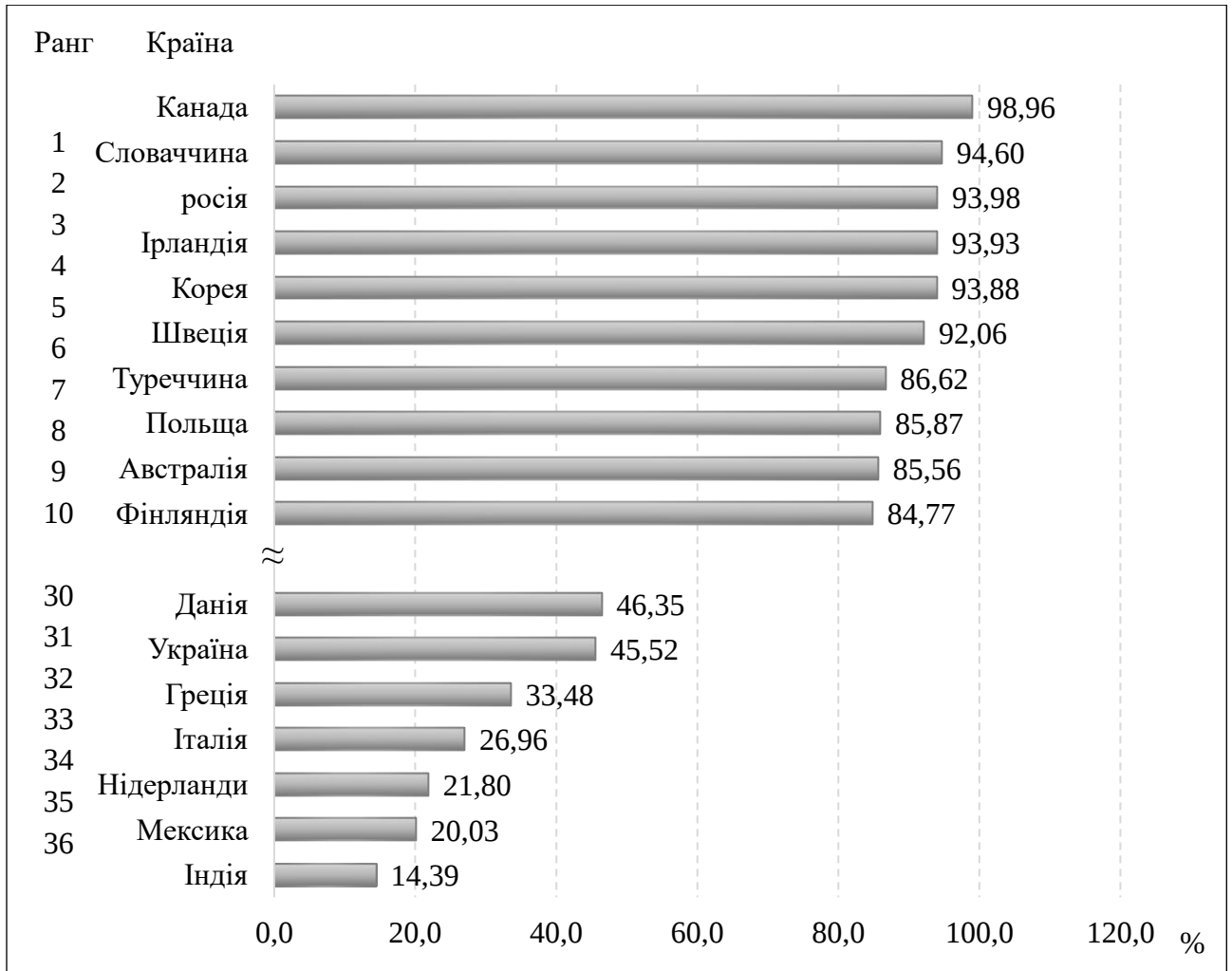


Рис. 2.5. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки промислової круглої деревини у круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [9]

З рис. 2.5 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки промислової круглої деревини у круглій деревині було віднесено: Канаду – 98,96% (1-ше місце), Словаччину – 94,60 % (2-ге місце), росію – 93,98 % (3-тє місце), Ірландію – 93,93% (4-те місце) та Корею – 93,88 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Індію – 14,39 % (36-те місце), Мексику – 20,03 % (35-те місце), Нідерланди – 21,80 % (34-те місце), Італію – 26,96 % (33-тє місце), Грецію – 33,48 % (32-ге місце) та Україну – 45,52, (31-ше місце).

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки паливної деревини у круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.6 та у табл. А.1

Додатка А.

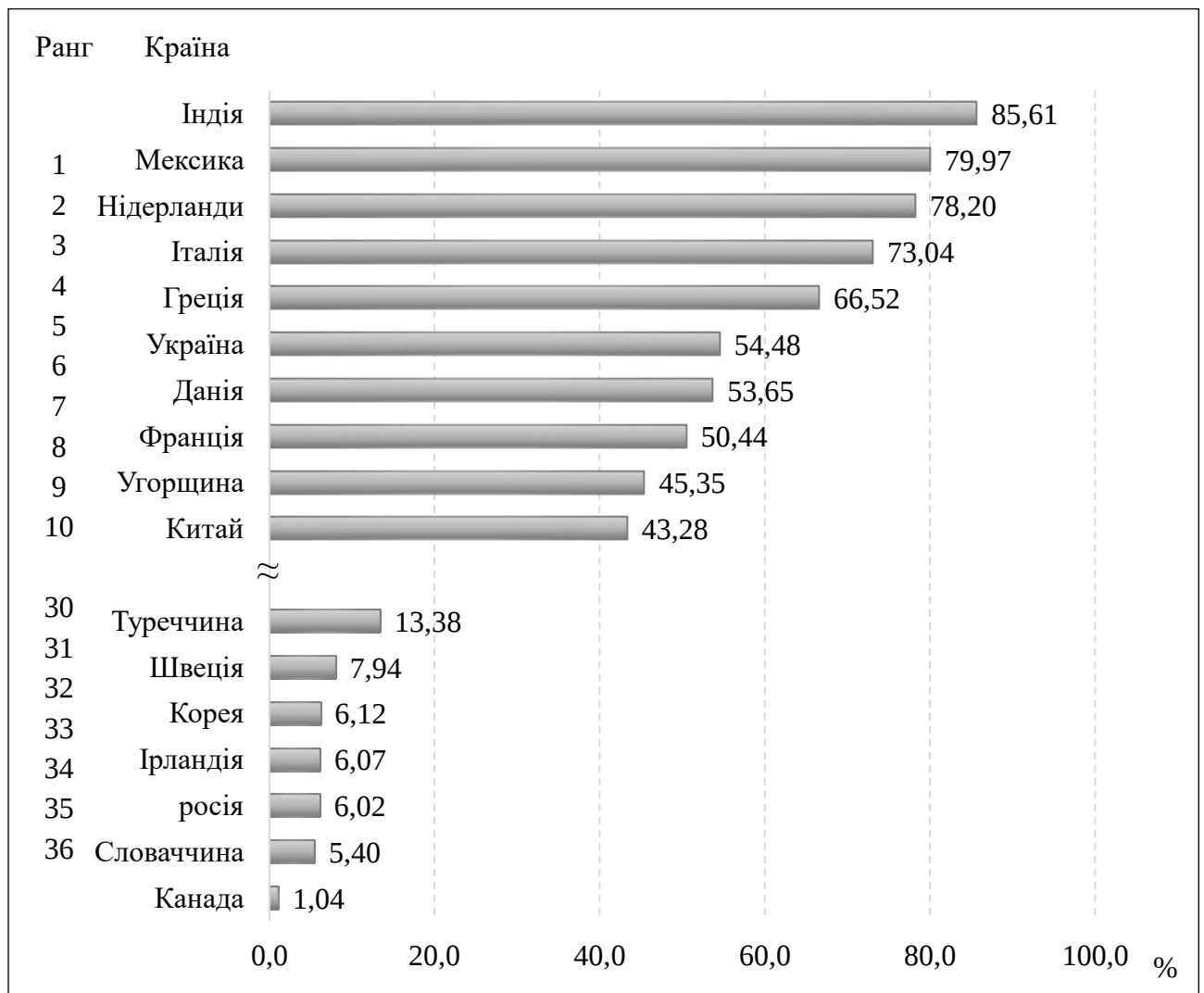


Рис. 2.6. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки паливної деревини у круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [9]

З рис. 2.6 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки паливної деревини у круглій деревині було віднесено: Індію – 85,61 % (1-ше місце), Мексику – 79,97 % (2-ше місце), Нідерланди – 78,20 % (3-тє місце), Італію – 73,04 % (4-тє місце), Грецію – 66,52 % (5-тє місце) та Україну – 54,48 % (6-тє місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Канаду – 1,04 % (36-тє місце), Словаччину – 5,40 % (35-тє місце), росію – 6,02 % (34-тє місце), Ірландію – 6,07 % (33-тє місце) та Корею – 6,12 % (32-тє місце).

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки пиловника

і фанерного кряжу у промисловій круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.7 та у табл. А.1 Додатка А.

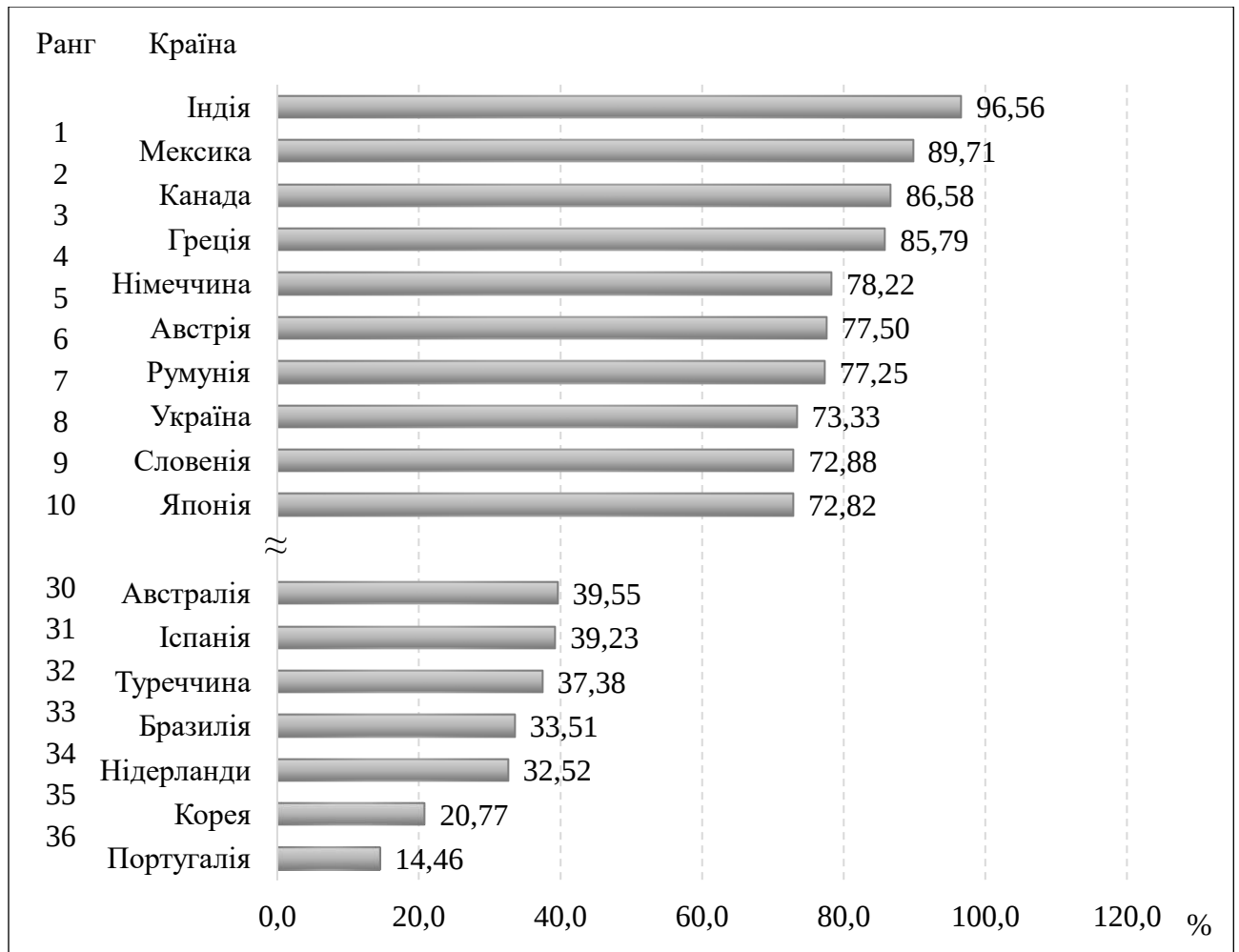


Рис. 2.7. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки пиловника і фанерного кряжу у промисловій круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.7 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки пиловника і фанерного кряжу у промисловій круглій деревині було віднесено: Індію – 96,56 % (1-ше місце), Мексику – 89,71 % (2-ге місце), Канаду – 86,58 % (3-тє місце), Грецію – 85,79 % (4-те місце) та Німеччину – 78,22 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Португалію – 14,46 % (36-те місце), Корею – 20,77 % (35-те місце), Нідерланди – 32,52 % (34-те місце), Бразилію – 33,51 % (33-тє місце) та Туреччину – 37,38 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки пиловника і фанерного кряжу у

промисловій круглій деревині 73,33 % посіла 8-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки пиломатеріалів у пиловнику і фанерному кряжу в 2024 р. наведено на рис. 2.8 та табл. А.1 Додатка А.

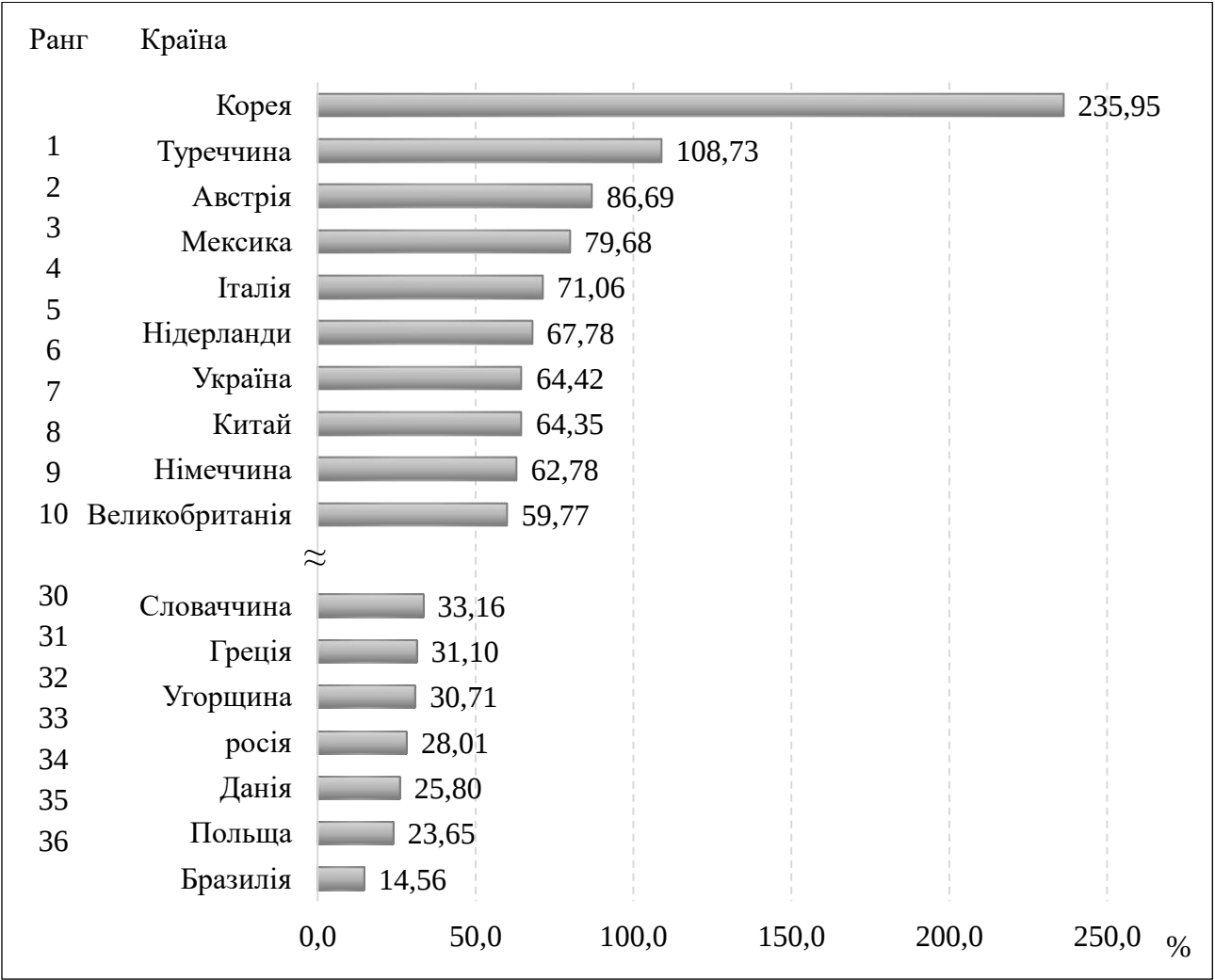


Рис. 2.8. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки пиломатеріалів у пиловнику і фанерному кряжу в 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.8 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки пиломатеріалів у пиловнику і фанерному кряжу було віднесено: Корею – 235,95 % (1-ше місце), Туреччину – 108,73 % (2-ге місце), Австрію – 86,69 % (3-тє місце), Мексику – 79,68 % (4-те місце) та Італію – 71,06 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Бразилію – 14,56 % (36-те місце),

Польщу – 23,65 % (35-те місце), Данію – 25,80 % (34-те місце), росію – 28,01 % (33-тє місце) та Угорщину – 30,71 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки пиломатеріалів у пиловнику і фанерному кряжу 64,42 % посіла 7-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки шпону у пиловнику і фанерному кряжу в 2024 р. наведено на рис. 2.9 та у табл. А.1 Додатка А.

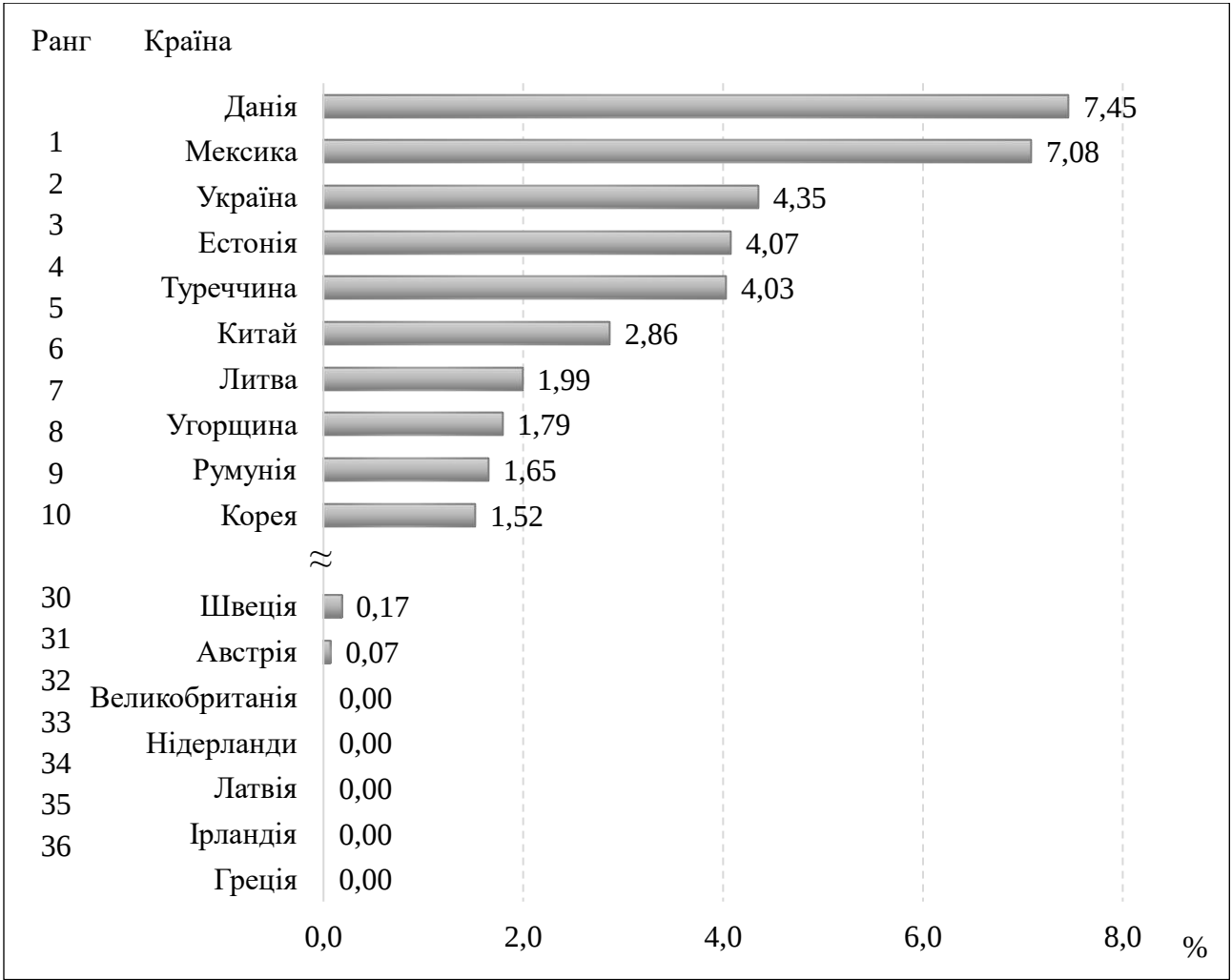


Рис. 2.9. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки шпону у пиловнику та фанерному кряжу у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.9 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки шпону у пиловнику і фанерному кряжу було віднесено: Данію – 7,45 % (1-ше місце), Мексику – 7,08 % (2-ге місце), Україну – 4,35 % (3-тє місце),

Естонію – 4,07 % (4-те місце) та Туреччину – 4,03 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Велику Британію, Грецію, Ірландію, Латвію та Нідерланди.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки балансової деревини у промисловій круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.10 та у табл. А.1 Додатка А.

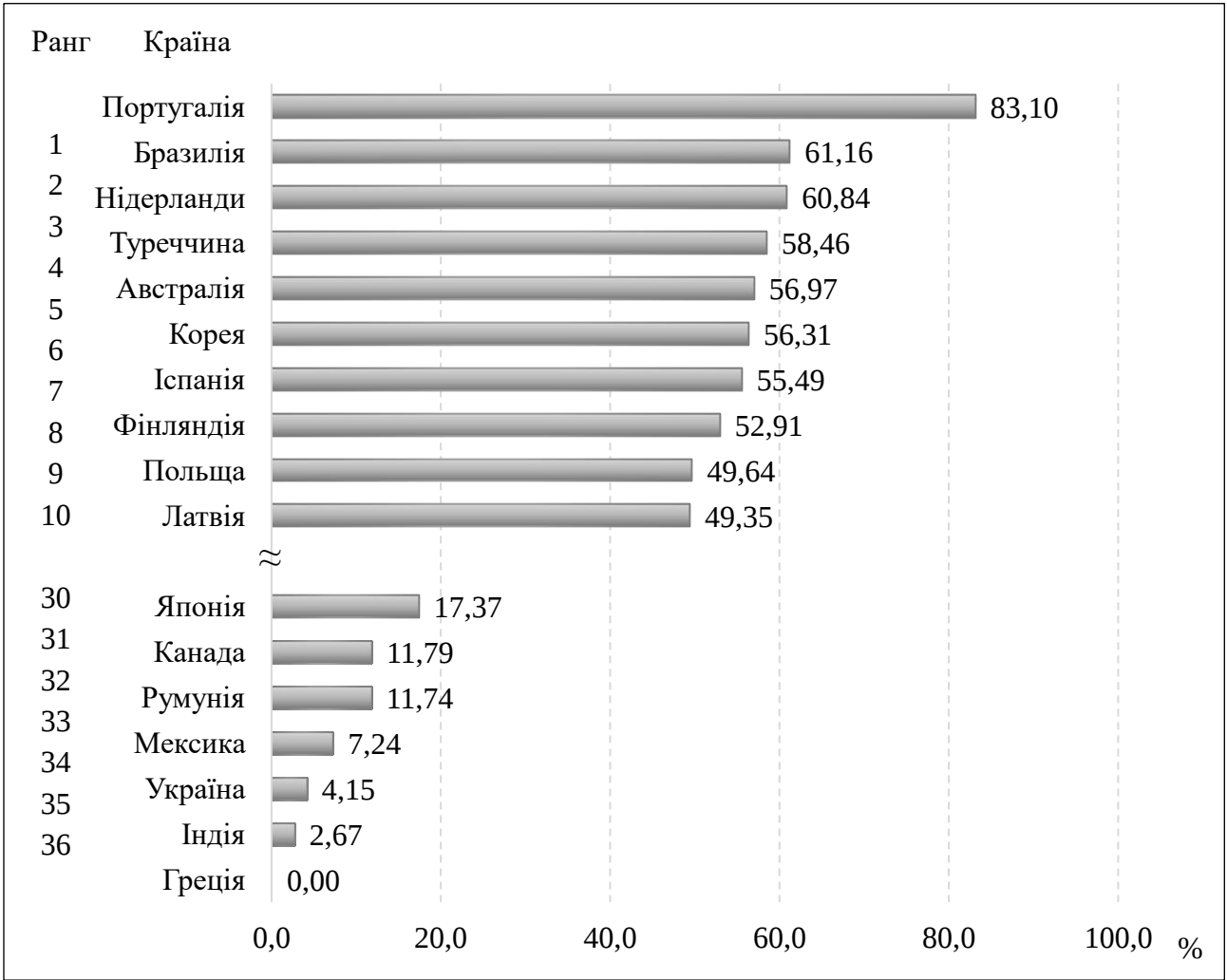


Рис. 2.10. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки балансової деревини у промисловій круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.10 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки балансової деревини у промисловій круглій деревині було віднесено: Португалію – 83,10 % (1-ше місце), Бразилію – 61,16 % (2-ге місце), Нідерланди – 60,84 % (3-тє місце), Туреччину – 58,46 % (4-те місце) та Австралію – 56,97 %

(5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Грецію – 0 % (36-те місце), Індію – 2,67% (35-те місце), Україну – 4,15 % (34-те місце), Мексику – 7,24 % (33-те місце) та Румунію – 11,74 % (32-ге місце).

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки тріски і стружки у промисловій круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.11 та у табл. А.1 Додатка А.

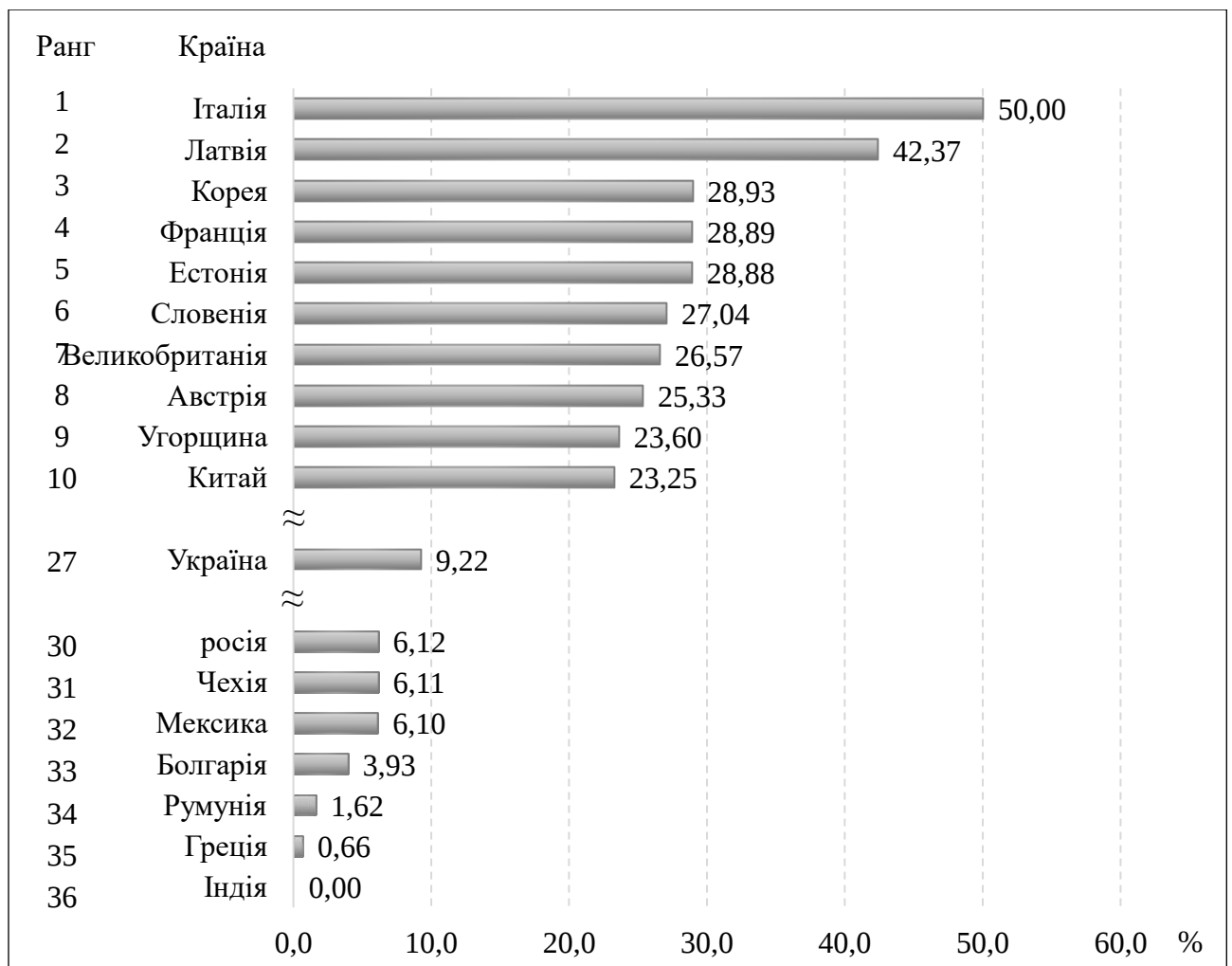


Рис. 2.11. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки тріски і стружки у промисловій круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.11 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки тріски і стружки у промисловій круглій деревині було віднесено: Італію – 50,0 % (1-ше місце), Латвію – 42,37 % (2-ге місце), Корею – 28,93 % (3-тє місце),

Францію – 28,89 % (4-те місце) та Естонію – 28,88 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Індію – 0,0 % (36-те місце), Грецію – 0,66 % (35-те місце), Румунію – 1,62 % (34-те місце), Болгарію – 3,93 % (33-те місце) та Мексику – 6,10 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки тріски і стружки у промисловій круглій деревині 9,22 % посіла 27-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки фанери в деревних плитах у 2024 р. наведено на рис. 2.12 та у табл. А.1 Додатка А.

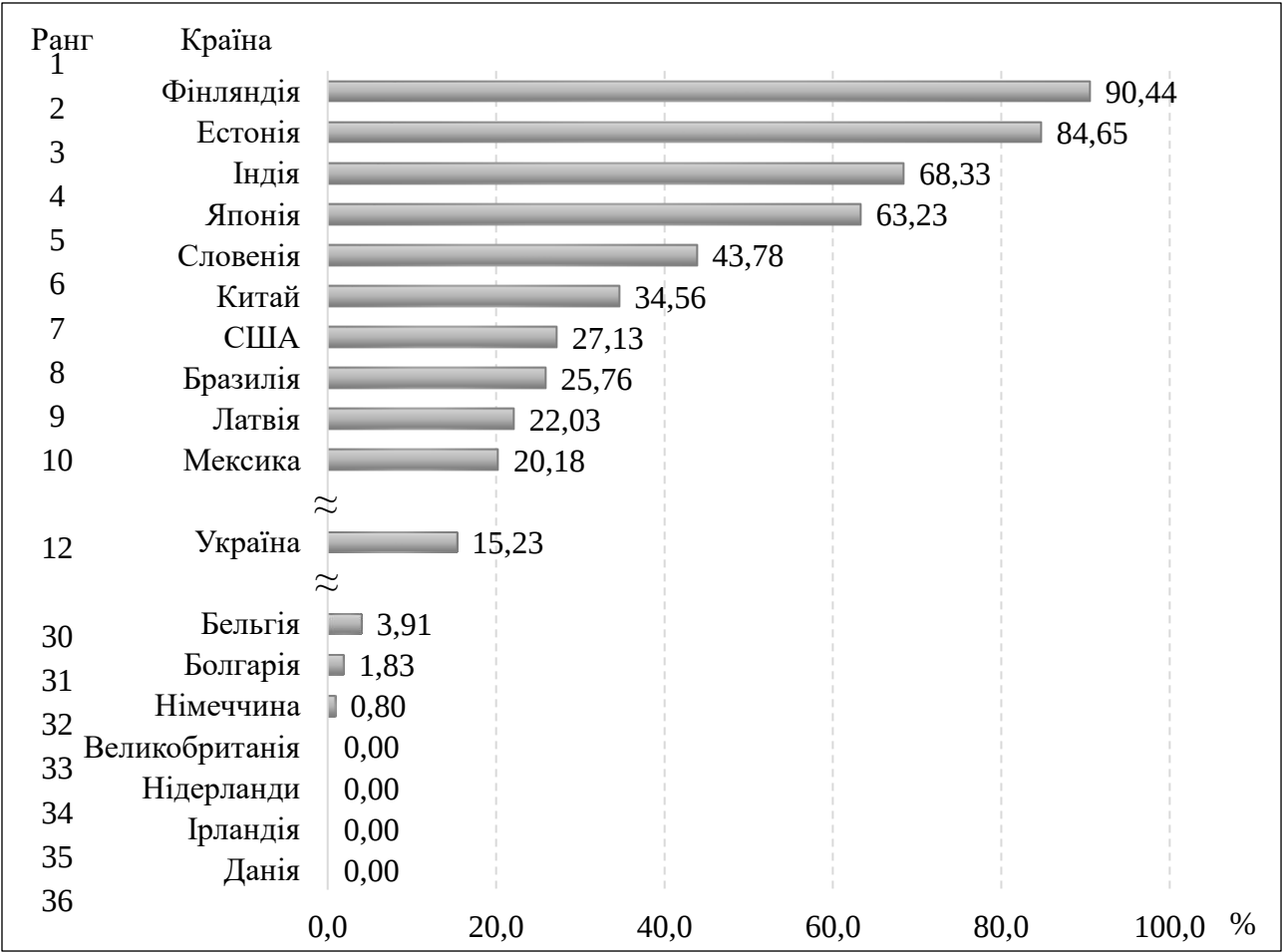


Рис. 2.12. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки фанери в деревних плитах у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.12 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки фанери в деревних плитах було віднесено: Фінляндію – 90,44 % (1-ше

місце), Естонію – 84,65 % (2-ге місце), Індію – 68,33 % (3-тє місце), Японію – 63,23 % (4-те місце) та Словенію – 43,78 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Велику Британію, Данію, Ірландію, Нідерланди та Німеччину. Україна у 2024 р. зі значенням показника частки фанери в деревних плитах 15,23 % посіла 12-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки OSB в деревних плитах у 2024 р. наведено на рис. 2.13 та у табл. А.1 Додатка А.

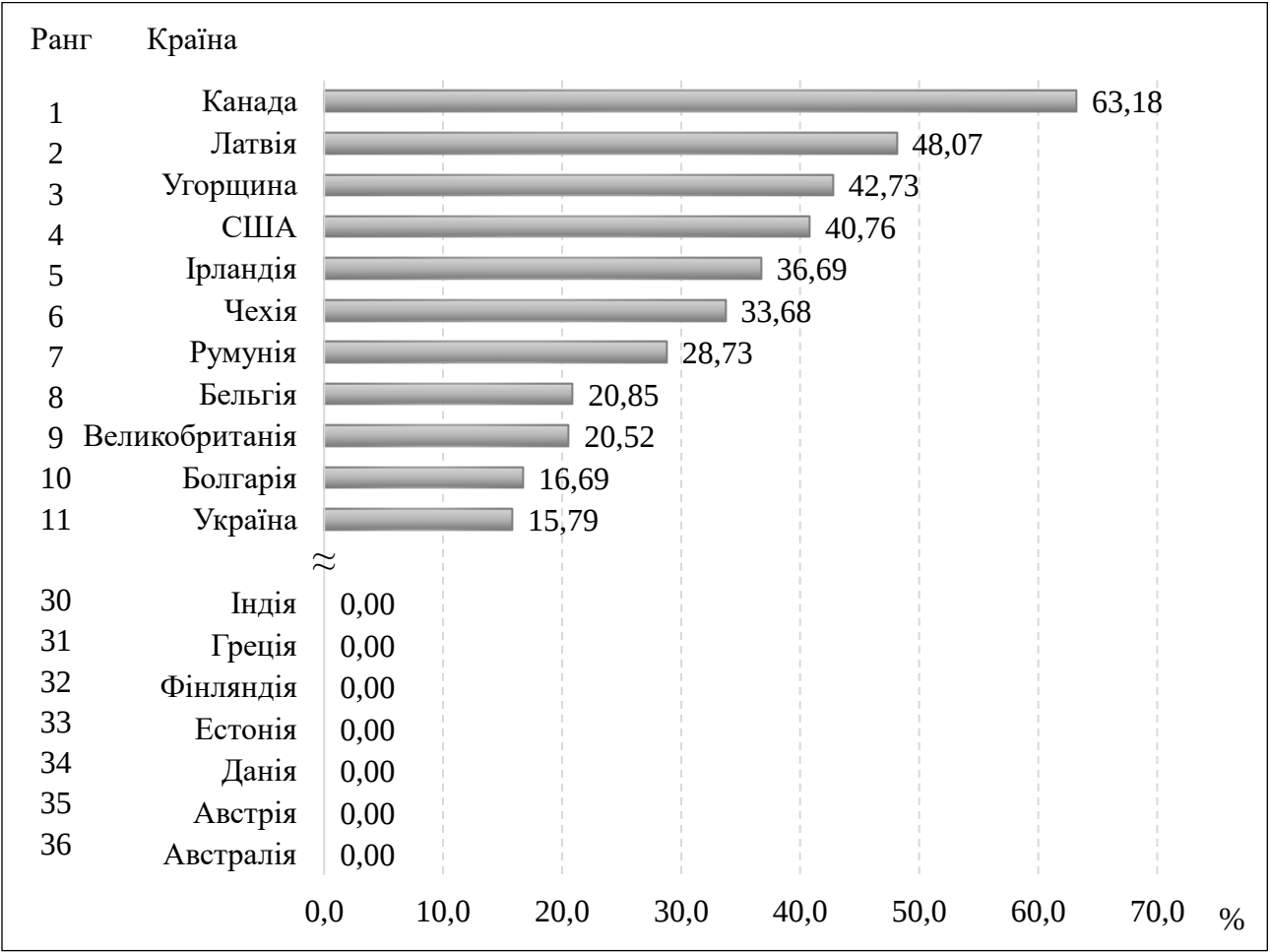


Рис. 2.13 Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки OSB в деревних плитах у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.13 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки OSB в деревних плитах було віднесено: Канаду – 63,18 % –(1-ше місце), Латвію – 48,07 % (2-ге місце), Угорщину – 42,73 % (3-тє місце), США – 40,76 % (4-те місце) та Ірландію – 36,69 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем

даного показника: Австралію, Австрію, Грецію, Данію, Естонію. Україна у 2024 р. зі значенням показника частки OSB в деревних плитах 15,79 % посіла 11-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревостружкових плит в деревних плитах у 2024 р. наведено на рис. 2.14 та у табл. А.1 Додатка А.

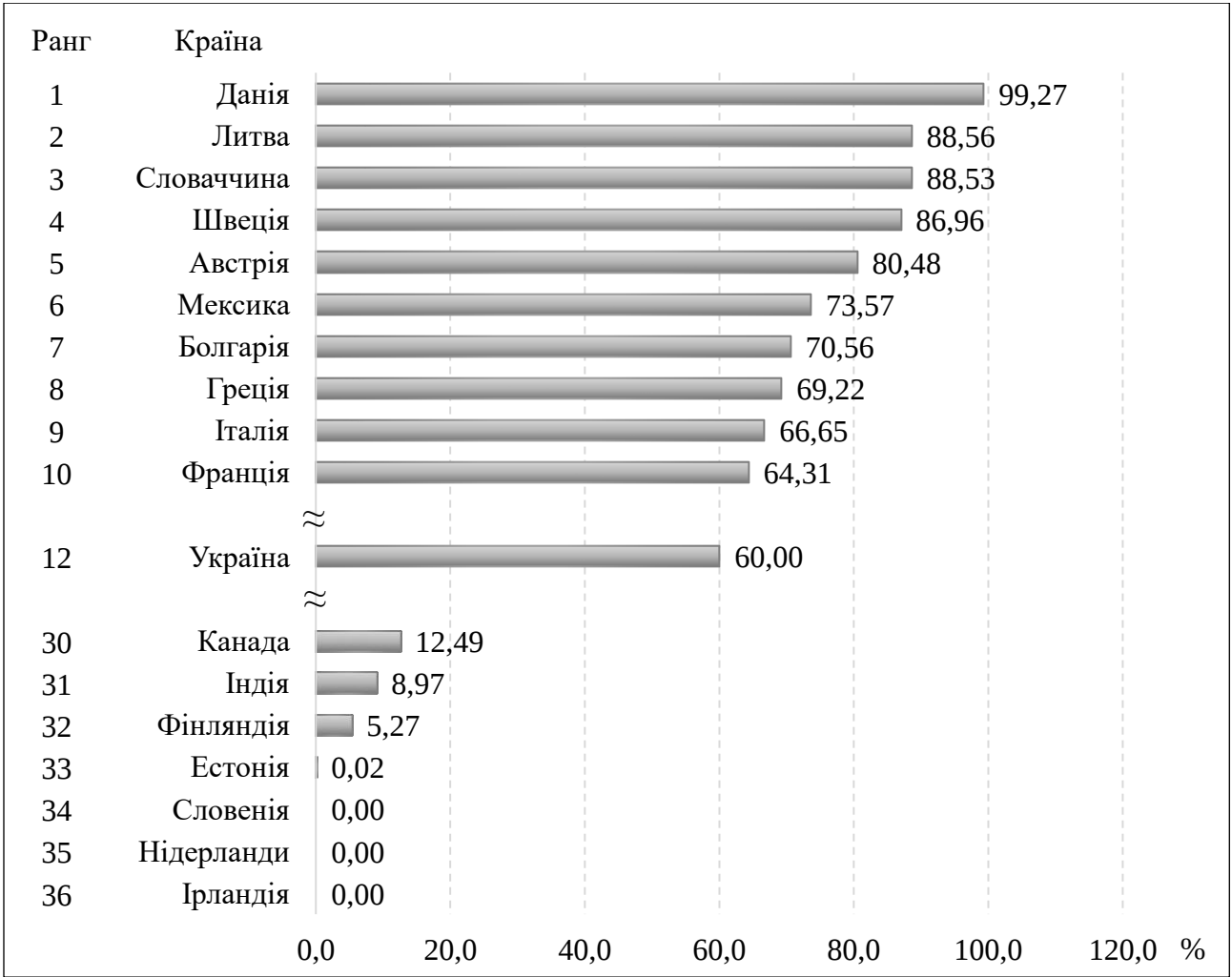


Рис. 2.14. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревостружкових плит в деревних плитах у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.14 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревостружкових плит в деревних плитах було віднесено: Данію – 99,27 % (1-ше місце), Литву – 88,56 % (2-ге місце), Словаччину – 88,53 % (3-тє місце), Швецію – 86,96 % (4-тє місце) та Австрію – 80,48 % (5-тє місце), а до

групи країн з низьким рівнем цього показника: Естонію, Ірландію, Нідерланди, Словенію. Україна у 2024 р. зі значенням показника частки деревостружкових плит в деревних плитах 60,0 % посіла 12-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревоволокнистих плит в деревних плитах у 2024 р. наведено на рис. 2.15 та у табл. А.1 Додатка А.

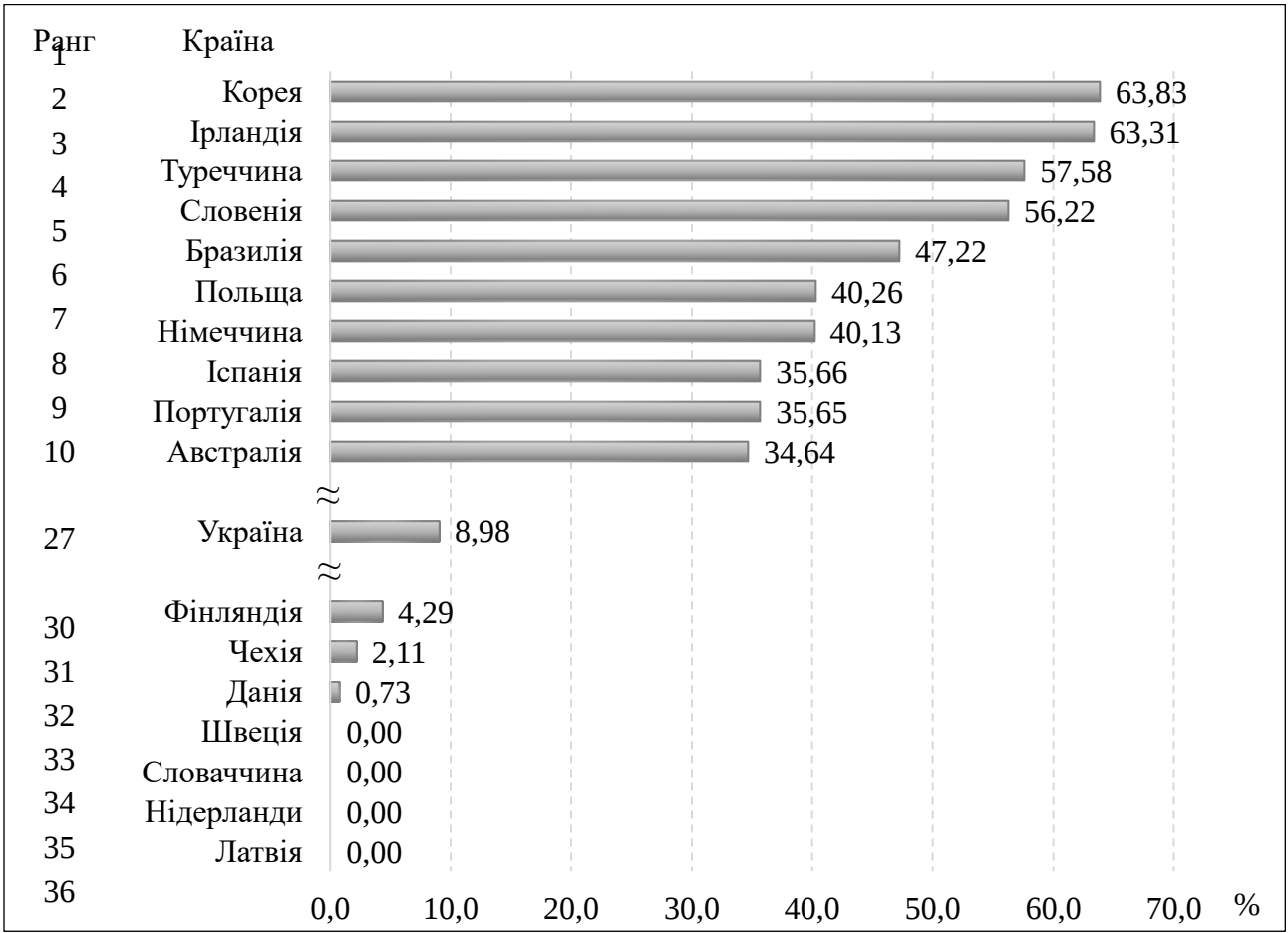


Рис. 2.15. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревоволокнистих плит в деревних плитах у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.15 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревоволокнистих плит в деревних плитах було віднесено: Корею – 63,83 % (1-ше місце), Ірландію – 63,31 % (2-ге місце), Туреччину – 57,58 % (3-тє

місце), Словенію – 56,22 % (4-те місце) та Бразилію – 47,22 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Данію, Латвію, Нідерланди, Словаччину, Швецію. Україна у 2024 р. зі значенням показника частки деревоволокнистих плит в деревних плитах 8,98 % посіла 27-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Таким чином, проведений аналіз показав, що Україна належить до країн із низьким рівнем лісистості території: ліси займають відносно невелику частку її площі (17,4 %). Водночас країна підтримує позитивний і відносно високий темп відновлення лісів порівняно з більшістю досліджених країн. Близько половини лісів України сертифіковано за незалежними стандартами. За цим показником країна займає середню позицію.

На етапі первинної переробки деревини Україна демонструє досить сильні позиції, входячи до першої десятки досліджуваних країн за більшістю показників. Низькі значення частки балансової деревини (34-те місце) та частки тріски і стружки (27-ме місце) значною мірою зумовлені недостатнім розвитком целюлозно-паперової промисловості в країні.

Відповідно до запропонованої структурно-логічної схеми (див. рис. 2.1) оцінимо стан вторинної переробки деревини та енергетичного використання біомаси в Україні й у країнах світу.

Вторинна переробка деревини – це комплекс технологічних процесів, під час яких деревні відходи та використані дерев'яні вироби перетворюються на готову продукцію та біопаливо. Сьогодні вторинна переробка прагне безвідходного виробництва. Найбільш актуальною є переробка деревних відходів на енергетичні ресурси: паливні пелети (гранули) та брикети (подрібнена й спресована під високим тиском тирса, яке має високу тепловіддачу та є екологічною альтернативою вугіллю та газу); деревно-полімерний композит (суміш деревного борошна та пластику, яка використовується для виготовлення будівельних матеріалів).

Аналіз найбільш цитованих публікацій у базі Scopus щодо вторинної переробки деревини показав, що в центрі уваги дослідників є такі актуальні питання, зазначені нижче.

Переробка композитів. Композитні матеріали спричинили революцію в багатьох галузях промисловості. Попит на композитні матеріали постійно зростає, що стимулює підприємства до впровадження нових методів управління відходами. У статті J. Rybicka, A. Tivari, G.A. Leeke [12] з метою оцінки стратегій поводження з відходами композитних матеріалів було проведено огляд технологій переробки на основі рівнів технологічної готовності та ієрархії поводження з відходами. Автори зазначили, що піроліз, сольволіз та механічне подрібнення – це технології переробки, які мають значний потенціал як альтернатива захороненню композитних відходів на звалищах.

Оцінка матеріального запасу будівель. Оцінка матеріального запасу будівлі дозволяє отримати інформацію про матеріали, що використовуються в експлуатації, та їхню потенційну доступність як вторинних ресурсів. Так, M. Aroga та ін. [13] запропонували здійснювати оцінку запасів будівельних матеріалів на рівні компонентів, щоб підвищити потенціал відновлення вторинних ресурсів.

Використання біополімеру лігніну. Лігнін – побічний продукт глибокої хімічної переробки деревини та рослинної біомаси, який під час вторинної переробки використовують для виробництва активованого вугілля, ентеросорбентів (медичний лігнін) та добавок до асфальту. У статті S. Arafat та ін. [14] оцінено перспективи заміни асфальтових в'язучих на нафтовій основі на різні види лігніну.

Автори зробили висновок, що використання екологічно безпечних, відновлюваних речовин, які можна отримувати з місцевих джерел, таких як лігнін, замість асфальтових в'язучих на нафтовій основі є кращим рішенням для навколишнього середовища.

Відповідно до касадно-циркулярного підходу відновлена деревина – цінний вторинний ресурс. Використання відновлюваної деревини дозволяє

знизити «вуглецевий слід» у деревообробній промисловості, будівництві, меблевому виробництві.

Вживані деревні конструкції, деревні матеріали, старі меблі частіше за все спалюють або викидають на звалище.

В результаті виділиться CO₂. Своєю чергою, переробка вживаної деревини на нові меблі, паркет, будівельні матеріали дозволить заблокувати вуглець усередині матеріалу ще на 50–100 років. До того ж на підготовку старої дошки до повторного використання витрачається приблизно на 70–80% менше енергії, ніж на повний цикл заготівлі, транспортування, поздовжнього розпилювання та технологічного сушіння нової сирої колоди.

Попит на відновлювану деревину зумовив у світі впровадження нових підходів у будівництві та виробництві: проєктування дерев'яних будівель під демонтаж (під час проєктування будинку закладається можливість його швидкого розібрання); матеріальні паспорти будівель (цифрові паспорти для новобудов в ЄС з інформацією про походження і використання деревини).

Попри величезну популярність, масове використання відновлюваної деревини має свої труднощі: складність демонтажу дерев'яних конструкцій із збереженням якості; витрати на логістику, сортування та обробку від шкідників і грибків; складність стандартизації та сертифікації.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки відновленої деревини у загальному обсязі вторинної сировини у 2024 р. наведено на рис. 2.16. та у табл. А.1 Додатка А.

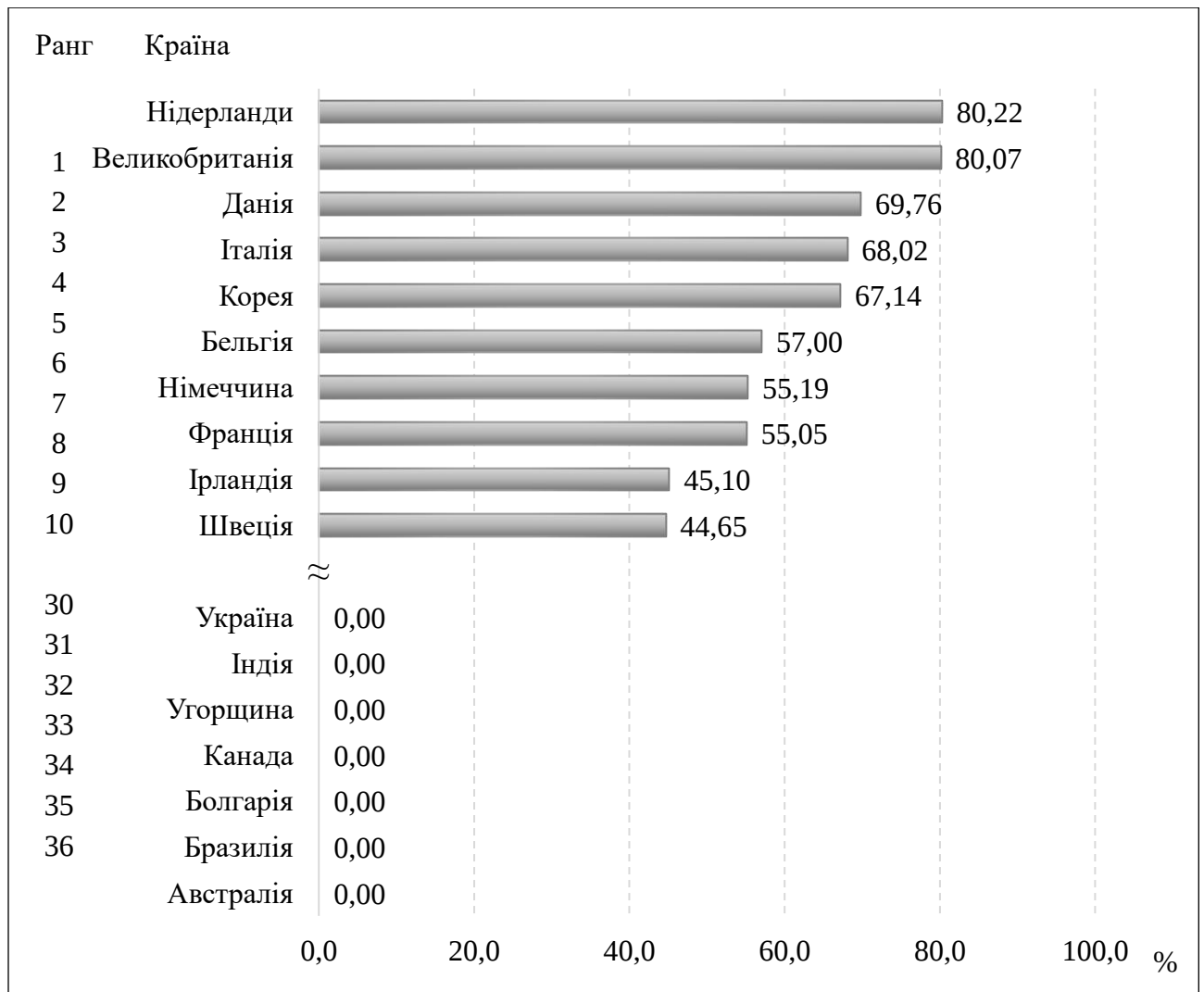


Рис. 2.16. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки відновленої деревини у загальному обсязі вторинної сировини у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.16 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки відновленої деревини у загальному обсязі вторинної сировини було віднесено: Нідерланди – 80,22 % (1-ше місце), Велику Британію – 80,07 % (2-ге місце), Данію – 69,76 % (3-тє місце), Італію – 68,02 % (4-те місце) та Корею – 67,14 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Австралію, Болгарію, Бразилію, Індію, Канаду, Мексику, росію, Угорщину та Україну. Класичним прикладом запровадження циркулярного підходу у деревообробній галузі є перетворення відходів на енергію. Джерелами деревних

відходів для біоенергетики є відходи при лісозаготівлі (гілки, суччя, верхівки дерев, пні, коріння), відходи деревообробки (обрізки дощок, стружка, тирса), а також вторинна деревина (демонтовані дерев'яні конструкції, вживані меблі). Основні види біопалива з деревини: паливні пелети, паливні брикети, паливна тріска. Енергію з деревних відходів отримують шляхом прямого спалювання, газифікації, піролізу. Термін «біопаливо», як зазначив А. Demirbas [15], позначає рідке, газоподібне та тверде паливо, що виробляється переважно з біомаси. Актуальність проблеми розширення використання біопалива пов'язана з потребами забезпечення енергетичної та екологічної безпеки.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки відходів у промисловій круглій деревині у 2024 р. наведено на рис. 2.17 та у табл. А.1 Додатка А.

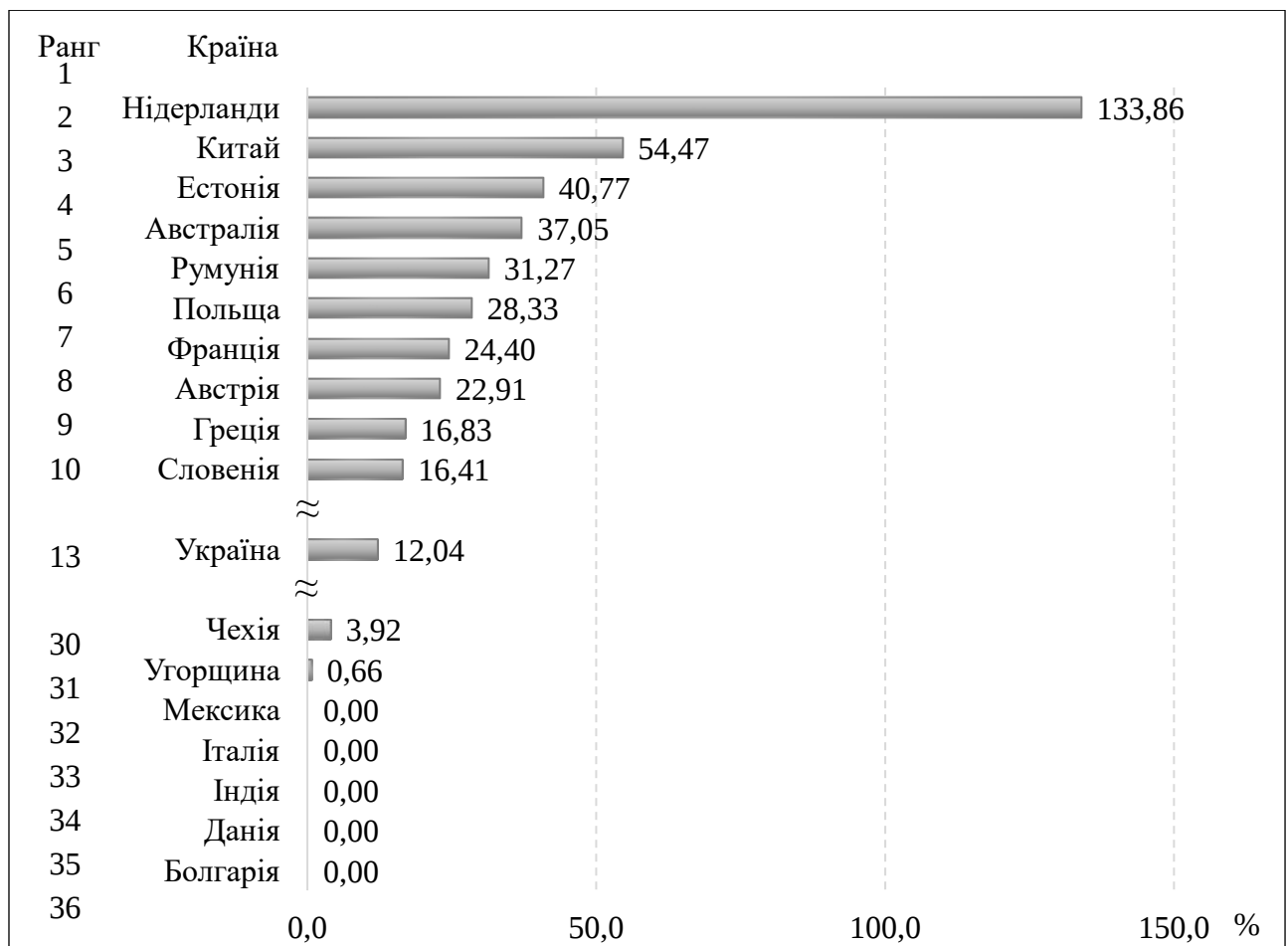


Рис. 2.17. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки відходів у промисловій круглій деревині у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.17 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки відходів у промисловій круглій деревині було віднесено: Нідерланди – 133,86 % (1-ше місце), Китай – 54,47 % (2-ге місце), Естонію – 40,77 % (3-тє місце), Австралію – 37,05 % (4-те місце) та Румунію – 31,27 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Болгарію, Данію, Індію, Італію, Мексику. Україна у 2024 р. зі значенням показника частки відходів у промисловій круглій деревині 12,04 % посіла 13-тє місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Аналіз найбільш цитованих публікацій у базі Scopus щодо енергетичного використання біомаси з деревини показав, що в тренді є дослідження за такими напрямками, наведеними нижче.

Вдосконалення технології переробки біомаси. У статті N. Mosier та ін. [16] представлено особливості технологій попередньої обробки лігноцелюлозної біомаси.

Виробництво біопалива. Лігноцелюлозна біомаса може використовуватися для виробництва етанолу – перспективного альтернативного джерела енергії, що замінює вичерпні запаси нафти. Стаття Y. Sun, J. Cheng [17] присвячена проблемі покращення процесу гідролізу лігноцелюлозних матеріалів.

Оцінка теплоти згоряння різних видів палив. У статті S. A. Channiwala, P. P. Parkin [18] запропоновано уніфіковану залежність для розрахунку вищої теплоти згоряння для різних видів палив: газоподібних, рідких, вугілля, біомаси, вугілля, отриманого із залишків.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревного вугілля в енергетичному використанні деревини у 2024 р. наведено на рис. 2.18 та у табл. А.1 Додатка А.

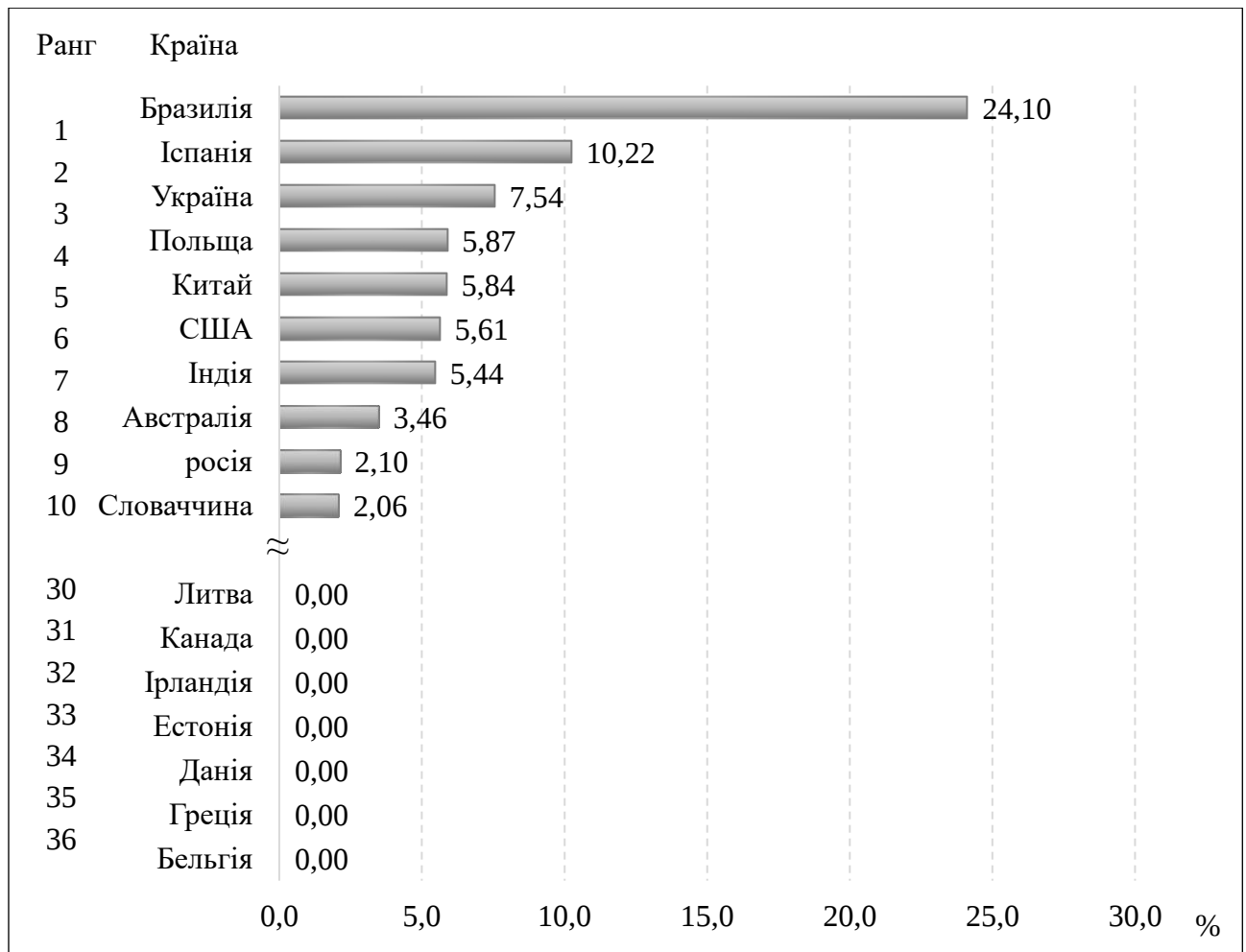


Рис. 2.18. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревного вугілля в енергетичному використанні деревини у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.18 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревного вугілля в енергетичному використанні деревини було віднесено: Бразилію – 24,10 % (1-ше місце), Іспанію – 10,22 % (2-ге місце), Україну – 7,54 % (3-тє місце), Польщу – 5,87 % (4-те місце) та Китай – 5,84 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Бельгію, Грецію, Данію, Естонію, Ірландію. Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини у 2024 р. наведено на рис. 2.19 та у табл. А.1 Додатка А.

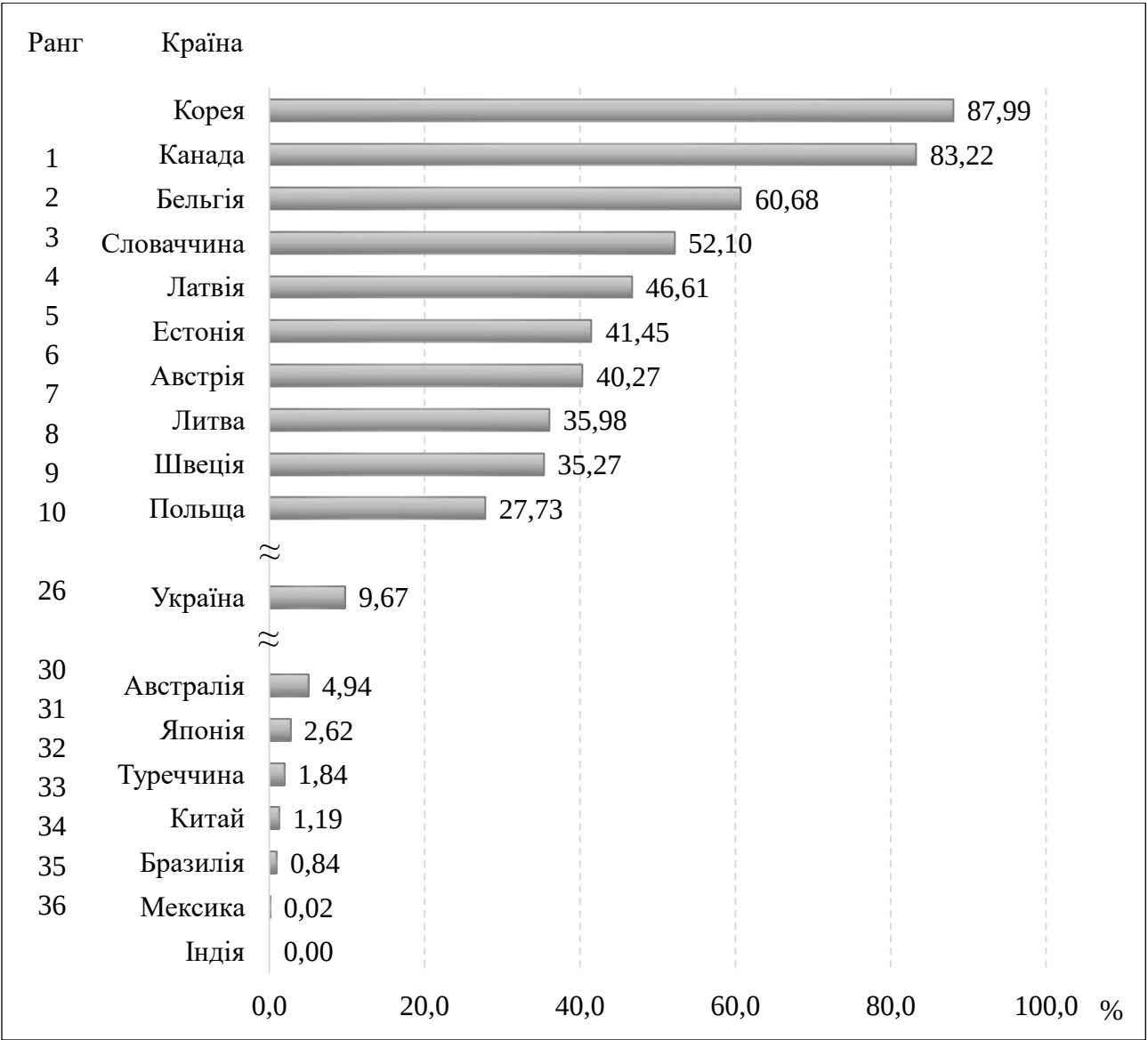


Рис. 2.19. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.19 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини було віднесено: Корею – 87,99 % (1-ше місце), Канаду – 83,22 % (2-ге місце), Бельгію – 60,68 % (3-тє місце), Словаччину – 52,10 % (4-те місце) та Латвію – 46,61 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Індію – 0,0 % (36-те місце), Мексику – 0,02 % (35-те місце), Бразилію – 0,84 % (34-те місце), Китай – 1,19 % (33-тє місце) та Туреччину – 1,84 % (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням

показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини 9,67 % посіла 26-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини у 2024 р. наведено на рис. 2.20 та у табл. А.1 Додатка А.

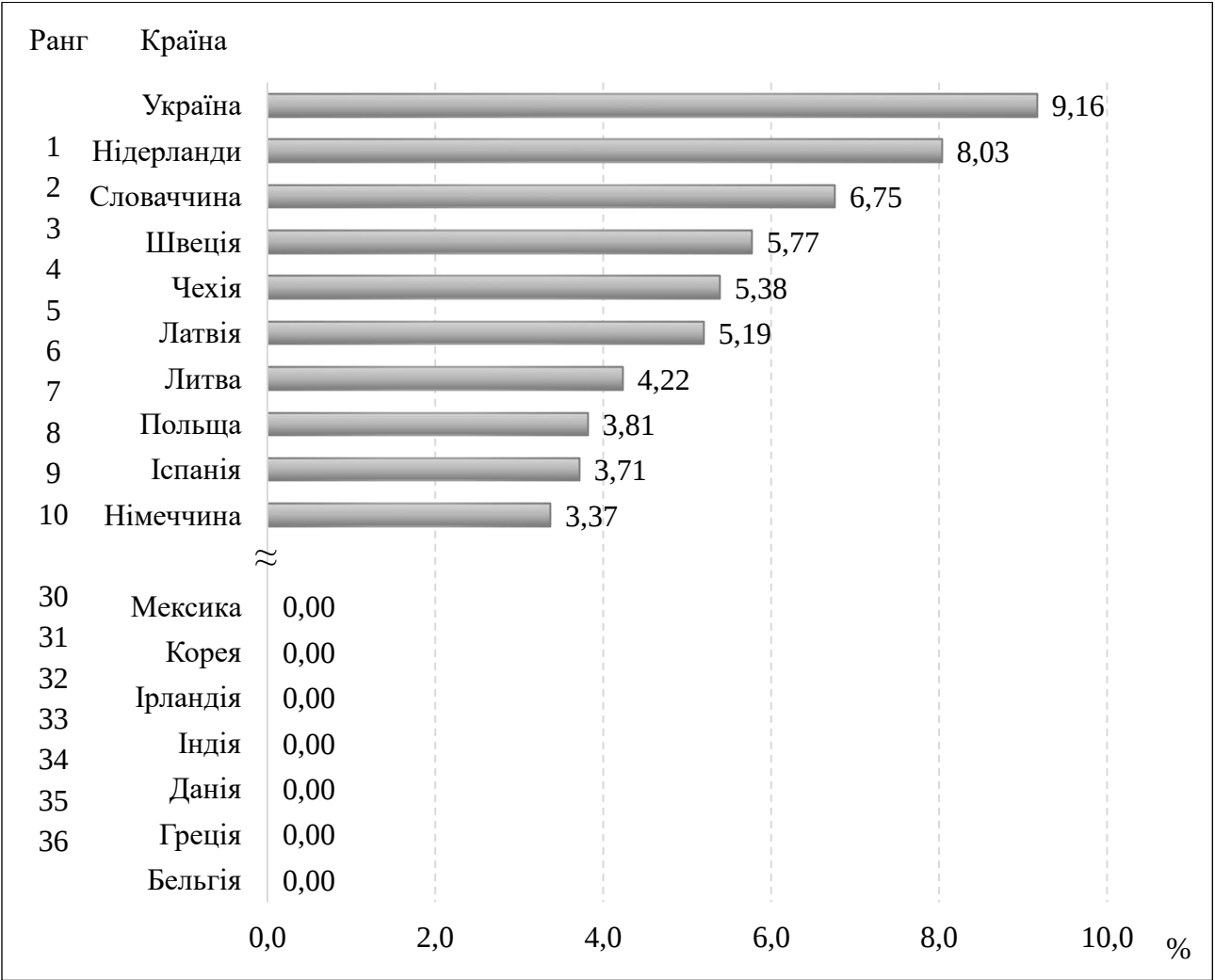


Рис. 2.20. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини у 2024 р.

Джерело: укладено автором за [10]

З рис. 2.20 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини було віднесено: Україну – 9,16 % (1-ше місце), Нідерланди – 8,03 % (2-ге місце), Словаччину – 6,75 % (3-тє місце), Швецію – 5,77 % (4-те місце) та

Чехію – 5,38 % (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цього показника: Бельгію, Грецію, Данію, Індію, Ірландію.

Таким чином, за показниками вторинної переробки Україна перебуває на досить низькому рівні порівняно з іншими досліджуваними країнами.

За результатами аналізу можна сказати, що Україна займає високі позиції серед досліджуваних країн за рівнем енергетичного використання деревини.

2.2. Оцінка рівня каскадного використання деревини в Україні та країнах світу

Каскадне використання деревини – це один з ключових принципів циркулярності в деревообробній галузі, що передбачає багаторазове та послідовне використання лісових ресурсів.

Для узагальненої первинної кількісної оцінки каскадного використання деревини на практиці найчастіше застосовують так званий «каскадний фактор» [19]. Цей коефіцієнт каскадного використання визначається як відношення загального обсягу спожитої деревини (включаючи деревні відходи, вторинну деревину та круглу деревину) до обсягу круглої деревини. Чим вищим є значення цього коефіцієнта, тим ефективніше країна реалізує принцип каскадного використання деревини [20; 21].

Більш детальним інструментарієм кількісної оцінки каскадного використання деревини є метод аналізу матеріальних потоків (Material Flow Analysis, MFA) щодо її використання, який дозволяє відстежувати рух деревини від лісозаготівлі через усі стадії промислової обробки до споживання та утилізації [22]. Цей метод передбачає побудову картограм потоків деревини, на яких відображаються всі входи та виходи на кожному етапі – від вирощування до завершення життєвого циклу. Це дозволяє візуалізувати та кількісно оцінити, скільки деревини спрямовано в кожен із можливих каскадних потоків [19].

Найбільш деталізованим методом кількісної оцінки каскадного використання деревини є модель ресурсного балансу деревини (Wood Resource Balance) [19]. Вона базується на методі «зворотного аналізу», за якого обсяги сировини розраховуються не на основі даних статистики лісозаготівель, а на основі фактичного споживання виробниками промислової деревини, залишків і переробленої деревини.

Таким чином, можна простежити весь шлях від продукту до сировини. Цей підхід дозволяє ідентифікувати «невидимі» потоки, такі як побічні продукти лісопиляння та вторинна деревина після споживання.

Іншим поширеним методом оцінки каскадного використання деревини є аналіз життєвого циклу (LCA), який дозволяє кількісно визначити не лише обсяги сировини та показники енергоефективності, а й екологічний вплив протягом усього життєвого циклу деревних продуктів [23; 24; 25].

Наведені вище методи оцінки каскадності деревообробної галузі розроблялися переважно для національних або галузевих досліджень, що спираються на деталізовані галузеві опитування та специфічні коефіцієнти конверсії.

Тому їх застосування для порівняння каскадного використання деревини між країнами супроводжується суттєвими методологічними проблемами: різною статистичною класифікацією лісових ресурсів і деревної продукції, відмінностями в підходах до обліку вторинної деревини та побічних продуктів, а також нерівномірною доступністю первинних даних.

Порівняльний аналіз каскадного використання деревини між країнами потребує показників, що є статистично зіставними, доступними для більшості держав й розрахованими за єдиною методологією.

Тому доцільним є порівняння каскадного використання деревини між країнами на основі статистичних баз даних Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO): «Лісове виробництво та торгівля» [10] та «Глобальної оцінки лісових ресурсів 2025» [9]. Використання цих джерел забезпечує міжнародну порівнянність результатів завдяки уніфікованим

визначенням і класифікаціям продуктів лісового господарства.

Виходячи з проведеного вище дослідження сутності каскадного використання деревини в рамках циркулярного підходу (див. розділ 1.3), інтегральну оцінку рівня каскадності деревообробної галузі країн світу в роботі пропонується проводити за допомогою такої системи показників (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Система показників інтегральної оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу

Джерело: розроблено автором

З рис. 2.21 видно що, інтегральна оцінка рівня каскадності деревообробної галузі країн світу здійснюється на основі 12 часткових показників, згрупованих

у чотири компоненти.

Компонента «Сталість ресурсної бази» характеризує стан і стійкість загального потенціалу деревини як ресурсної бази для деревообробної галузі.

Показник «Площа лісів у відсотковому відношенні до загальної площі» характеризує лісистість території та визначає загальний потенціал сировинної бази для деревообробної галузі. Цей показник безпосередньо є індикатором 15.1.1 Цілей сталого розвитку ООН [9; 26].

Показник «Середньорічний темп приросту площі лісів» визначає динаміку зміни лісових ресурсів у 2015–2025 рр. Він характеризує відновлюваність і стійкість лісової бази для довготривалого забезпечення сировиною деревообробної галузі.

Показник «Площа лісів під незалежними системами сертифікації управління лісами» визначає частку лісів у загальній структурі лісового фонду, на яких впроваджуються практики сталого ведення лісового господарства згідно з міжнародними стандартами, підтвердженими незалежним аудитом FSC [11] або PEFC [27].

У контексті каскадності сертифікація мінімізує ризики включення в ланцюги постачання незаконно заготовленої деревини, забезпечуючи прозорість від лісосіки до кінцевого споживача [28].

Ці та попередні показники використовуються в FRA як субіндикатори індикатора 15.2.1 Цілей сталого розвитку ООН [9; 26].

Компонента «Ефективність первинної переробки деревини» характеризує ефективність використання деревини на початкових етапах переробки та перетворення її на промислові товари з вищою доданою вартістю, що є фундаментом для подальшого каскадування. Чим вища якість і складність продуктів первинної переробки, тим більше можливостей з'являється для їх повторного використання.

Показник «Частка промислової круглої деревини у круглій деревині» визначає частку круглої деревини, яка йде на подальшу механічну чи хімічну промислову переробку, а не використовується як паливо.

Висока частка промислової круглої деревини свідчить про те, що лісові ресурси використовуються для створення продуктів із вищою доданою вартістю, що є одним із головних принципів каскадного виробництва.

Показник «Експортоорієнтованість промислової круглої деревини» визначає частку промислової круглої деревини, що експортується без будь-якої внутрішньої переробки. З позиції каскадного виробництва велика частка експорту промислової круглої деревини свідчить про низький рівень внутрішньої переробки сировини та втрату доданої вартості.

Висока експортоорієнтованість необробленої деревини обмежує подальшу переробку всередині країни, стримуючи формування каскадних ланцюгів створення деревних матеріалів та продукції з вищою доданою вартістю.

Показник «Частка промислової круглої деревини для глибокої переробки» визначає частку промислової круглої деревини (пиловник, фанерний кряж і балансова деревина), призначеної для виробництва високоякісних пиломатеріалів, фанери та целюлози, тобто для створення довговічних матеріальних продуктів. Чим вище цей показник, тим потенційно довшим може бути каскадний ланцюг завдяки виробництву матеріалів, що підлягають повторному використанню.

Показник «Частка товарної продукції первинної обробки деревини» визначає частку пиломатеріалів, шпону та деревної тріски відносно обсягу промислової круглої деревини; характеризує ефективність перетворення продукції промислової круглої деревини на товарні форми з вищою доданою вартістю. З позиції каскадного виробництва відходи, отримані на цьому етапі, стають ресурсом для наступних етапів каскаду.

Показник «Частка деревних плит із первинної сировини» визначає частку деревних плит (фанери та OSB), виготовлених із первинного деревного волокна, у загальному обсязі виробництва деревних плит. Показник характеризує продукцію «первинного матеріального циклу», в якій деревина вперше набуває форми композитного матеріалу з високими експлуатаційними характеристиками.

Компонента «Використання вторинної та рекуперованої сировини» характеризує ступінь замкнутості деревообробної галузі щодо повторного використання відходів і відпрацьованої деревини в нових виробничих циклах.

Показник «Частка вторинної сировини у виробництві» визначає частку деревних відходів, деревної тріски та стружки, що утворюються в процесі переробки первинної сировини (промислової круглої деревини) та спрямовані на повторне використання. Характеризує ефективність повторного використання вторинної сировини, тобто показує, наскільки деревообробна промисловість здатна повертати відходи у технологічний цикл.

Показник «Частка рекуперованої сировини у загальному обсязі вторинної сировини» визначає відсоток переробленої деревини (постспоживчі відходи, будівельне сміття та ін.) у сукупному обсязі вторинних матеріалів деревообробної галузі. У загальному сенсі показник характеризує зрілість «циркулярної інфраструктури» в деревообробній галузі, оскільки збір та очищення рекуперованої деревини вимагають складних логістичних та технологічних рішень.

Показник «Частка деревних плит із вторинної сировини» визначає частку деревних плит (ДСП та ДВП), виготовлених з відходів деревообробки та рекуперованої деревини, у загальному обсязі виробництва деревних плит. Характеризує ефективність «вторинного матеріального циклу» – здатність деревообробної галузі замінювати первинну деревину вторинними ресурсами без значної втрати функціональних властивостей кінцевого продукту. Цей показник є прямим індикатором розвитку каскадних ланцюгів у деревообробній галузі.

Компонента «Енергетичне використання біомаси» характеризує ефективність завершального етапу каскадного виробництва в деревообробній галузі.

Показник «Частка переробленого біопалива в енергетичному використанні деревини» визначає частку деревини, переробленої у біопаливо (деревне вугілля, пелети та брикети) в загальному обсязі енергетичної деревини, що включає

паливну деревину. Характеризує рівень раціонального використання біомаси в каскадному ланцюгу деревообробної галузі.

Інтегральний показник оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу ($I_{\text{КДП}}$), а також його компоненти (K_{ij}) розраховуються за формулою [29]:

$$K_{ij} = \sum_{j=1}^n w_j z_{ij}, \quad (2.1)$$

де z_{ij} – кількісна стандартизована оцінка i -го елемента j -го часткового показника;

w_j – коефіцієнт значущості j -го часткового показника, що визначається за формулою:

$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^n v_j}, \quad (2.2)$$

де v_j – коефіцієнт варіації стандартизованого j -го часткового показника;

n – кількість часткових показників компоненти.

Стандартизована оцінка i -го елемента j -го часткового показника визначається за формулами:

а) для показників-стимуляторів:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2.3)$$

де x_{ij} – фактичне значення i -го елемента j -го часткового показника;

$x_{\min}$ і $x_{\max}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення часткового показника;

б) для показників-дестимуляторів:

$$z_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (2.4)$$

Часткові показники для розрахунку інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу у 2024 р. наведено в табл. А.1 Додатка А [9; 10].

За значенням інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі Україна та країни світу у 2024 р. розподілилися таким чином (рис. 2.22 і табл. А.2 Додатка А).

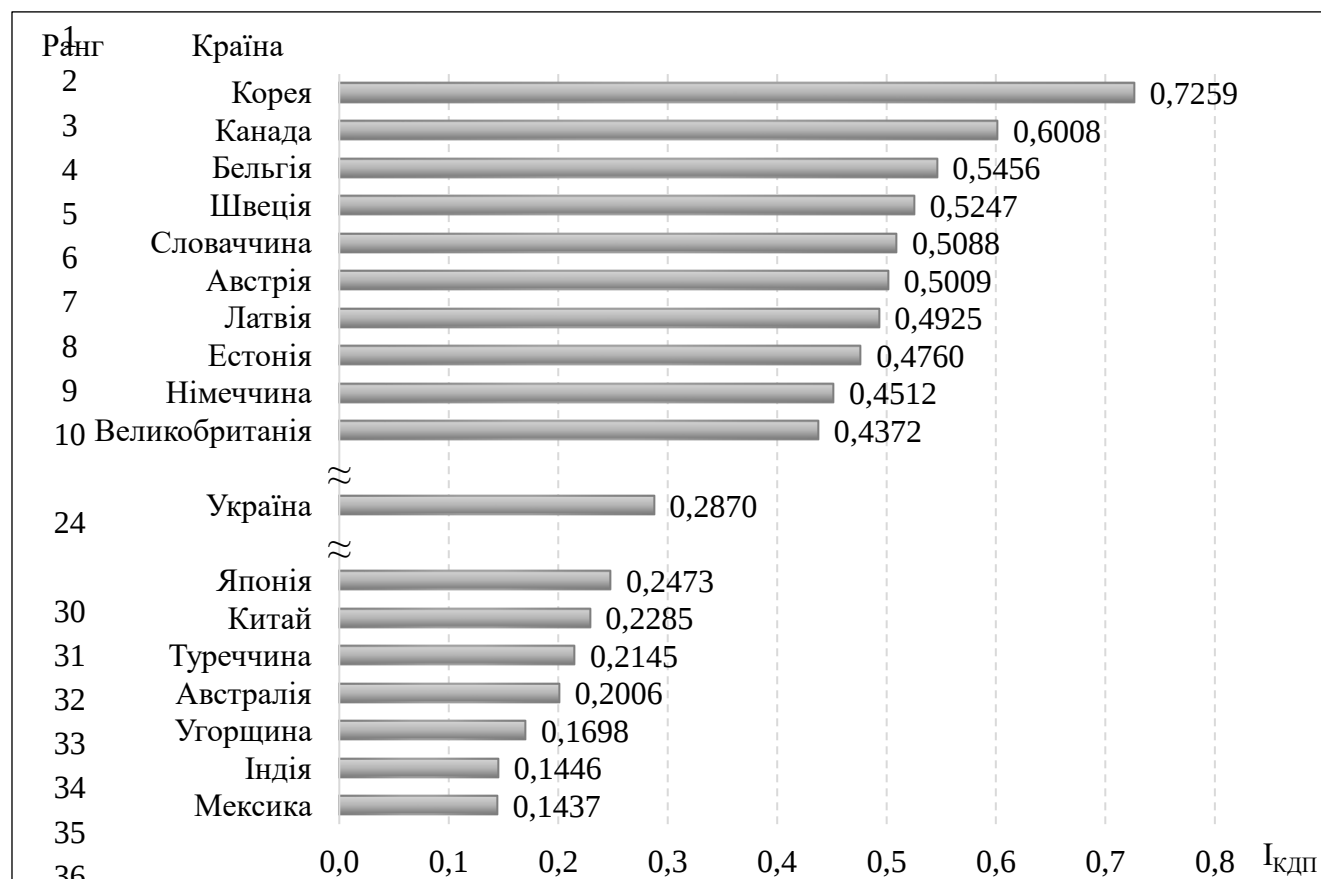


Рис. 2.22. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

З рис. 2.22 видно, що за значенням інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р. до країн з високим рівнем було віднесено: Корею – 0,7259 (1-ше місце), Канаду – 0,6008 (2-ге місце), Бельгію – 0,5456 (3-тє місце), Швецію – 0,5247 (4-те місце) та Словаччину – 0,5088 (5-те місце), а до країн з найнижчим рівнем: Мексику – 0,1437 (36-те місце), Індію – 0,1446 (35-те місце), Угорщину – 0,1698 (34-те місце), Австралію – 0,2006 (33-тє місце) та Туреччину – 0,2145 (32-ге місце). Серед 36 досліджуваних країн світу

Україна у 2024 р. зі значенням інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі – 0,2870 посіла 24-те місце.

Дослідимо компоненти інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням компоненти «Сталість ресурсної бази» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу наведено на рис. 2.23 та у табл. А.2 Додатка А.

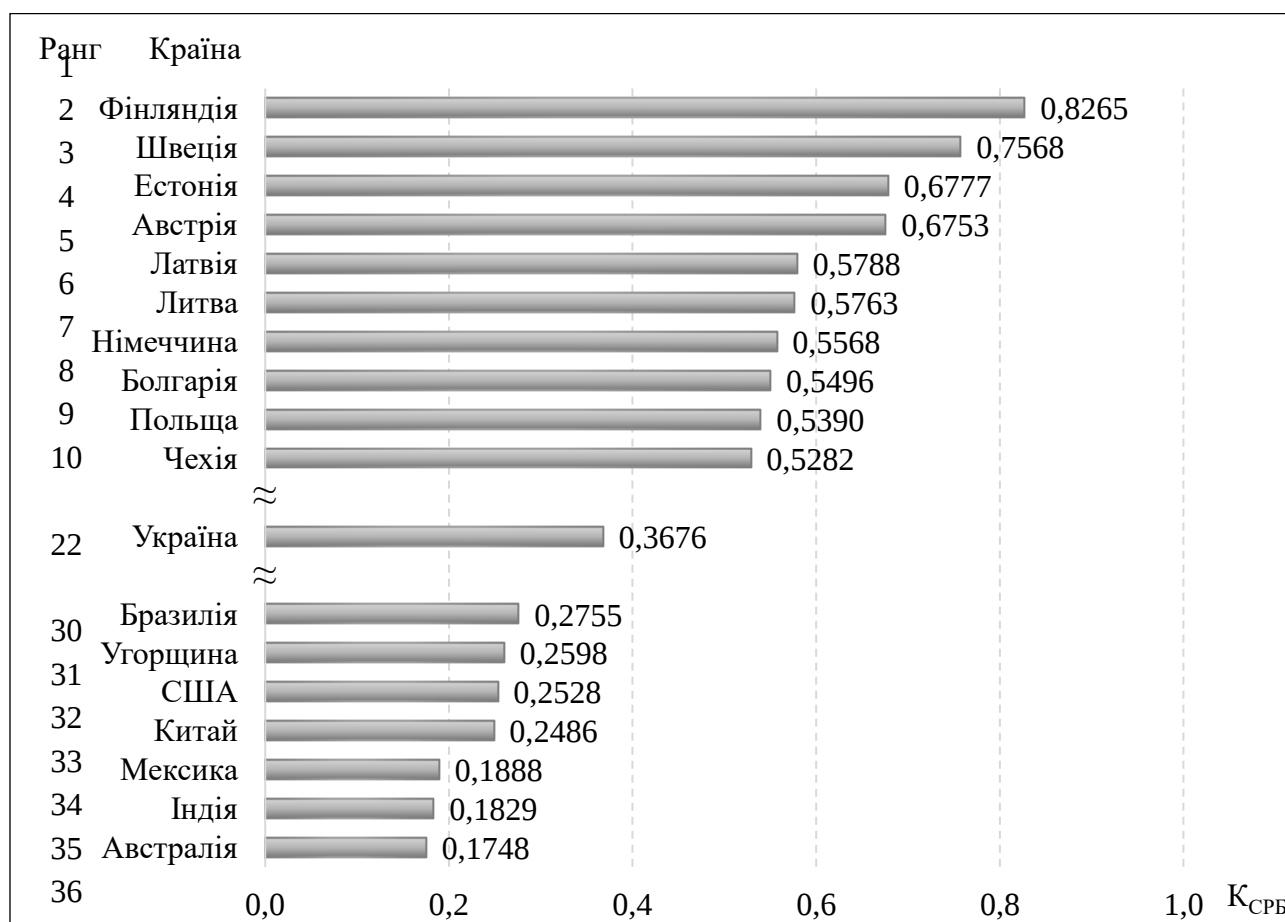


Рис. 2.23. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням компоненти «Сталість ресурсної бази» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

З рис. 2.23 видно, що до групи країн з високим рівнем компоненти «Сталість ресурсної бази» було віднесено: Фінляндію – 0,8265 (1-ше місце), Швецію – 0,7568 (2-ге місце), Естонію – 0,6777 (3-тє місце), Австрію – 0,6753 (4-

те місце) та Латвію – 0,5788 (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем даної компоненти: Австралію – 0,1748 (36-те місце), Індію – 0,1829 (35-те місце), Мексику – 0,1888 (34-те місце), Китай – 0,2486 (33-те місце) та США – 0,2528 (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням компоненти «Сталість ресурсної бази» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі – 0,3676 – посіла 22-ге місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням компоненти «Ефективність первинної переробки деревини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу наведено на рис. 2.24 та у табл. А.2 Додатка А.

З рис. 2.24 видно, що до групи країн із високим рівнем компоненти «Ефективність первинної переробки деревини» було віднесено: Фінляндію – 0,7984 (1-ше місце), Канаду – 0,7869 (2-ге місце), Естонію – 0,7511 (3-тє місце), Латвію – 0,7401 (4-те місце) та США – 0,6831 (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем даної компоненти: Нідерланди – 0,1957 (36-те місце), Данію – 0,2328 (35-те місце), Грецію – 0,2616 (34-те місце), Бразилію – 0,4051 (33-тє місце) та Португалію – 0,4204 (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням компоненти «Ефективність первинної переробки деревини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі – 0,4322, посіла 29-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

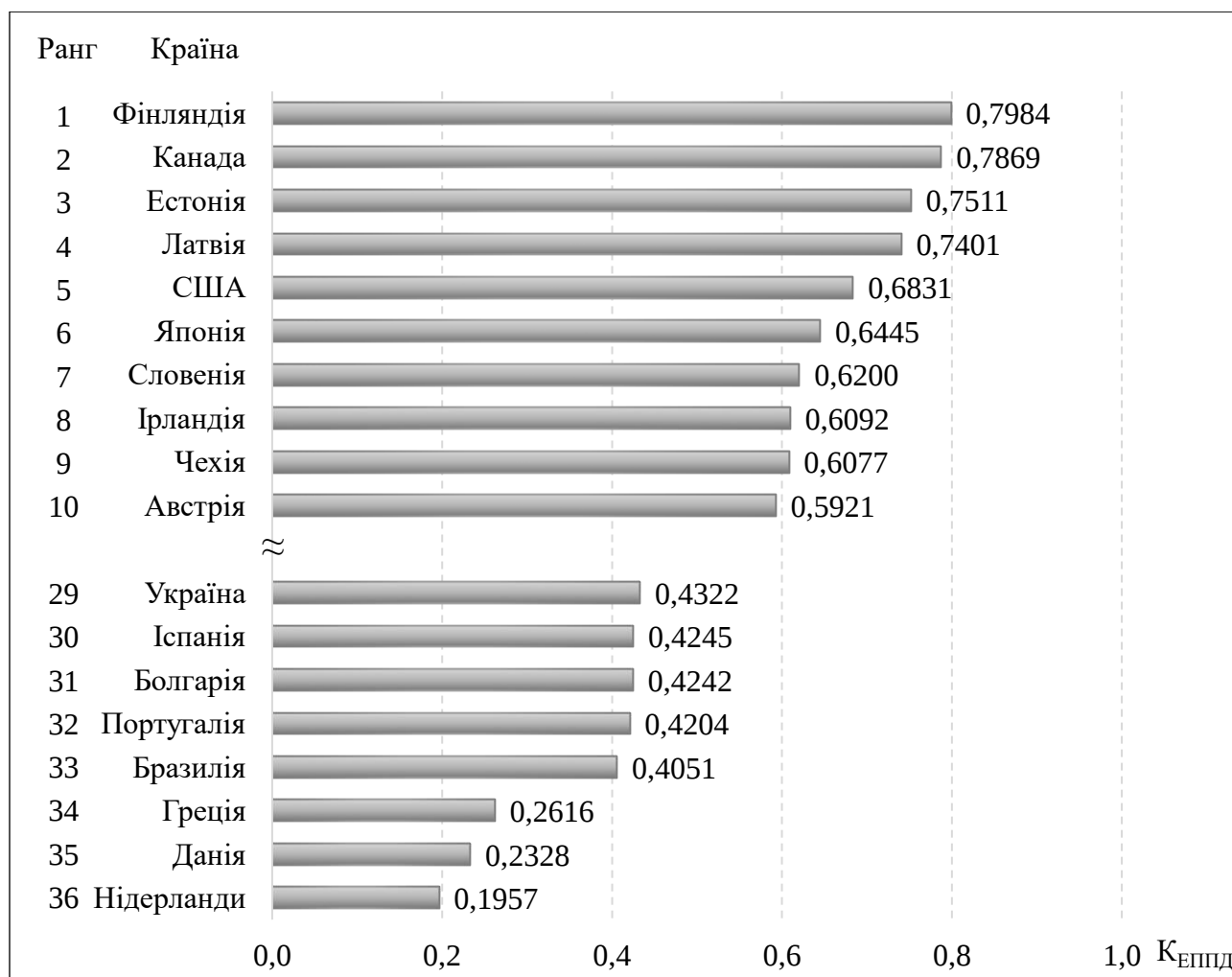


Рис. 2.24. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням компоненти «Ефективність первинної переробки деревини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

Розподіл України та країн світу за значенням компоненти «Використання вторинної та рекуперованої сировини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу наведено на рис. 2.25 та у табл. А.2 Додатка А.

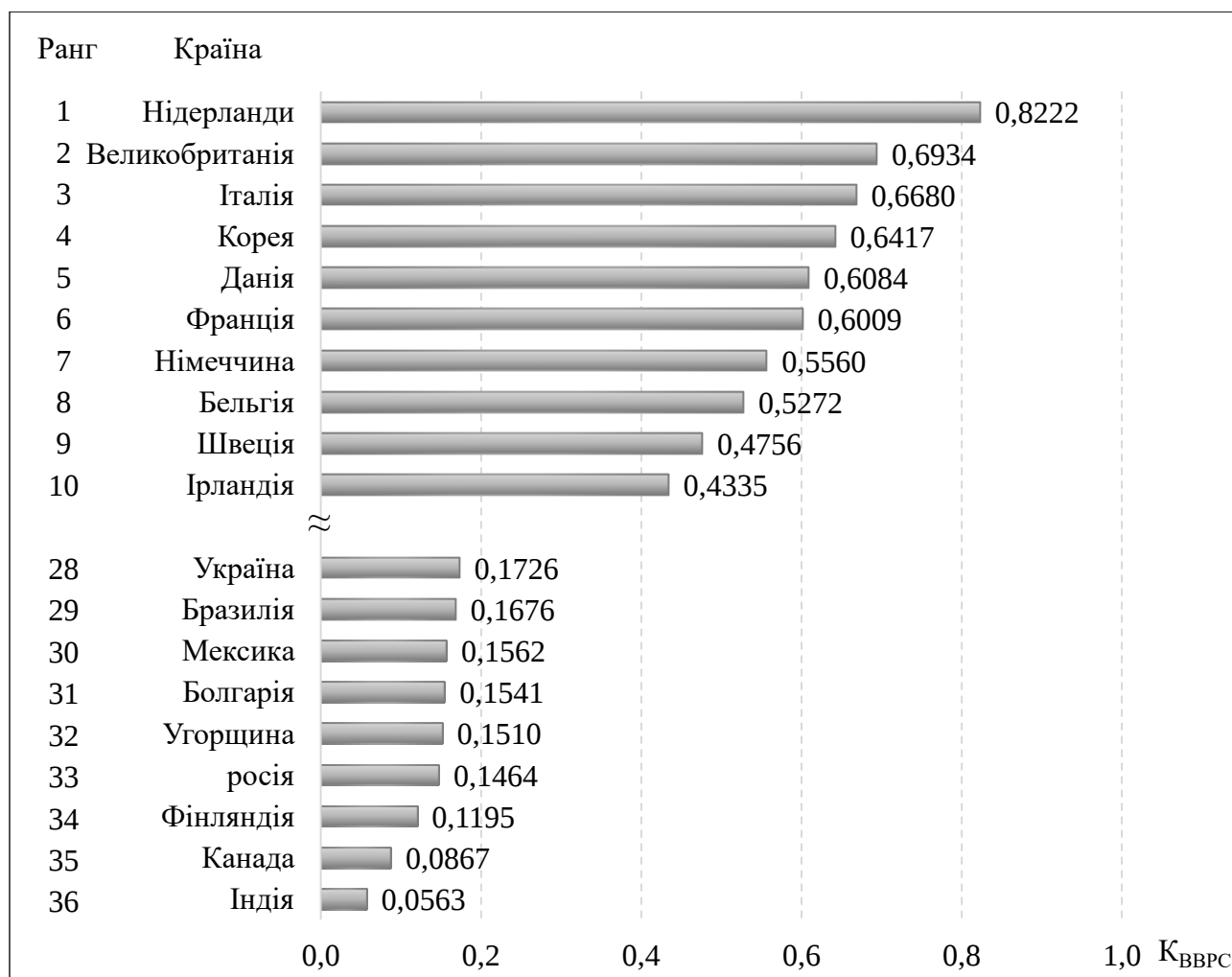


Рис. 2.25. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням компоненти «Використання вторинної та рекуперованої сировини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

З рис. 2.25 видно, що до групи країн з високим рівнем компоненти «Використання вторинної та рекуперованої сировини» було віднесено: Нідерланди – 0,8222 (1-ше місце), Велику Британію – 0,6934 (2-ге місце), Італію – 0,6680 (3-тє місце), Корею – 0,6417 (4-те місце) та Данію – 0,6084 (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цієї компоненти: Індію – 0,0563 (36-те місце), Канаду – 0,0867 (35-те місце), Фінляндію – 0,1195 (34-те місце), росію – 0,1464 (33-тє місце) та Угорщину – 0,1510 (32-ге місце).

Україна у 2024 р. зі значенням компоненти «Використання вторинної та

рекуперованої сировини» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі – 0,1726 – посіла 28-ме місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням компоненти «Енергетичне використання біомаси» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу наведено на рис. 2.26 та у табл. А.2 Додатка А.

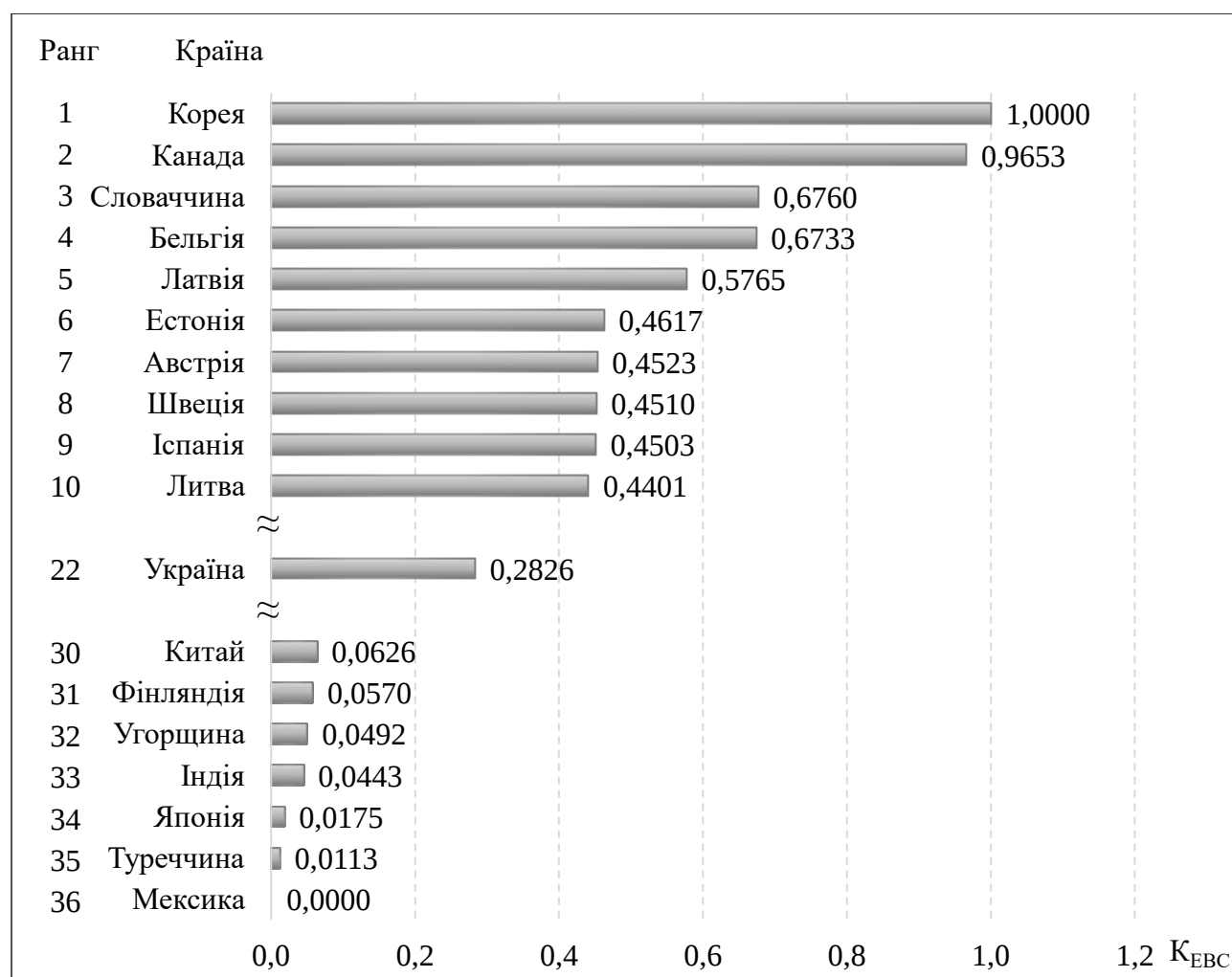


Рис. 2.26. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням компоненти «Енергетичне використання біомаси» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

З рис. 2.26 видно, що до групи країн з високим рівнем компоненти «Енергетичне використання біомаси» було віднесено: Корею – 1,0 (1-ше місце),

Канаду – 0,9653 (2-ге місце), Словаччину – 0,6760 (3-тє місце), Бельгію – 0,6733 (4-те місце) та Латвію – 0,5765 (5-те місце), а до групи країн з низьким рівнем цієї компоненти: Мексику – 0,0 (36-те місце), Туреччину – 0,0113 (35-те місце), Японію – 0,0175 (34-те місце), Індію – 0,0443 (33-тє місце) та Угорщину – 0,0492 (32-ге місце). Україна у 2024 р. зі значенням компоненти «Енергетичне використання біомаси» інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі – 0,2826 – посіла 16-те місце серед 36 досліджуваних країн світу.

З використанням кластерного аналізу (k -середніх) [30] у роботі було здійснено класифікацію країн світу за значенням компонент інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі.

Графіки середніх значень характеристик кластерів інтегрального показника залежно від компонент рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу у 2024 р. наведено на рис. 2.27.

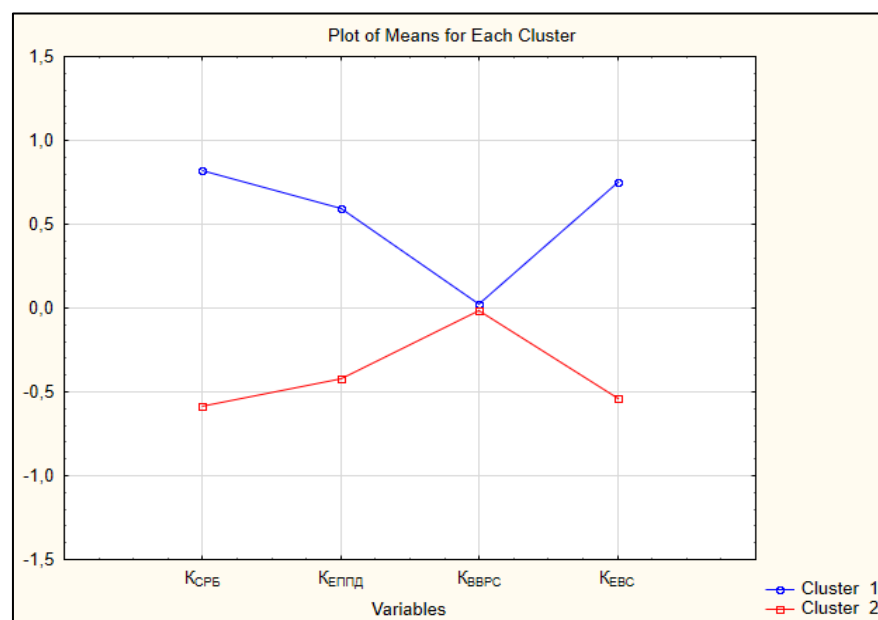


Рис. 2.27. Графік середніх значень компонент інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу у 2024 р.

Джерело: розраховано автором

Як видно з рис. 2.27, за результатами проведеної кластеризації за

компонентами інтегрального показника оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу, розділено на два кластери. На групування країн у виділені кластери найбільший вплив чинили компоненти «Сталість ресурсної бази» та «Енергетичне використання біомаси», дещо менший вплив мала компонента «Ефективність первинної переробки деревини», а найменший вплив чинила компонента «Використання вторинної та рекуперованої сировини». Розподіл країн світу за кластерами наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Розподіл України та країн світу за кластерами залежно від значень
компонент інтегрального показника оцінки рівня каскадності
деревообробної галузі у 2024 р.**

1-й кластер	2-й кластер
Австрія	Австралія
Бельгія	Болгарія
Естонія	Бразилія
Ірландія	Велика Британія
Канада	Греція
Корея	Данія
Латвія	Індія
Литва	Іспанія
Німеччина	Італія
Польща	Китай
Словаччина	Мексика
Словенія	Нідерланди
Фінляндія	Португалія
Чехія	росія
Швеція	Румунія
	США
	Туреччина
	Угорщина
	Україна
	Франція
	Японія

Джерело: розраховано автором

З табл. 2.1 видно, що до першого кластера було віднесено 15 країн світу (41,7 % від загальної кількості досліджуваних країн світу). Країни цього кластера мають високі значення за всіма компонентами, що дозволяє класифікувати їх як

групу з високим рівнем каскадності деревообробної галузі.

До другого кластера увійшли 21 країна світу (58,3% від загальної кількості). Країни цього кластера мають низькі значення за всіма компонентами, що дозволяє класифікувати їх як групу з низьким рівнем каскадності деревообробної галузі.

Україну віднесено до країн другого кластера з низьким рівнем каскадності деревообробної галузі.

Таким чином, проведене дослідження показало, що каскадне використання деревини є ключовим механізмом реалізації принципів циркулярної економіки у лісовому секторі. Концептуальна основа цього підходу полягає у пріоритетності матеріального використання біомаси через послідовні цикли переробки: від виготовлення продукції з високою доданою вартістю до рециклінгу вторинної сировини, з кінцевим етапом енергетичної утилізації – лише після повного вичерпання матеріального потенціалу. Концептуальна основа цього підходу полягає в пріоритетності матеріального використання біомаси шляхом її переробки на хронологічно послідовних етапах: від виготовлення продукції з високою доданою вартістю до рециклінгу вторинної сировини, із завершальним відновленням енергії лише після вичерпання матеріального потенціалу.

Такий підхід забезпечує підвищення ресурсної ефективності деревообробної галузі, дозволяє максимально довго зберігати структурну цілісність деревини, депонувати вуглець і мінімізувати тиск на лісові ресурси.

Аналіз науково-методичних підходів до оцінювання каскадного використання деревини показав, що більшість цих методів орієнтовані на галузеві або національні дослідження та потребують значних обсягів статистичних і технологічних даних, що ускладнює їх застосування для міжнародних порівнянь.

З метою забезпечення зіставності результатів у роботі запропоновано інтегральний показник оцінки рівня каскадності деревообробної галузі, розрахований на основі порівняльних статистичних показників світових організацій. Його розрахунок ґрунтується на системі із дванадцяти часткових

індикаторів, які відображають стан ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, рівень використання вторинних ресурсів та кінцеве енергетичне використання біомаси. Така система дозволила комплексно оцінити рівень каскадного використання деревини серед 36 країн світу, здійснивши їх ранжування та кластеризацію.

Результати розрахунків інтегрального показника показали суттєву диференціацію країн світу за рівнем каскадного використання деревини. Україна зі значенням інтегрального показника 0,2870 посіла 24-те місце серед 36 досліджуваних країн та увійшла до групи країн із низьким рівнем каскадності деревообробної галузі. Найкращі позиції Україна мала за компонентою «Енергетичне використання біомаси» (16-те місце), та низькі позиції – «Сталість ресурсної бази», «Ефективність первинної переробки» (29-те місце) та «Використання вторинної та рекуперованої сировини» (28-ме місце).

Отже, для підвищення рівня каскадності деревообробної галузі в Україні необхідно стимулювати внутрішню глибоку переробку деревини, розширювати використання вторинних ресурсів, створювати умови для широкого залучення відходів до процесів переробки та формувати повноцінні каскадні ланцюги створення вартості.

2.3. Методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України

Поглиблення ресурсної вразливості національної економіки, зростання повної ресурсоемності виробництва та деградація здатності переробних секторів генерувати валову додану вартість зумовлюють необхідність переходу від фрагментарних галузевих оцінок до системного обґрунтування структурних перетворень у межах ресурсних секторів економіки України. Існуючі підходи, як правило, зосереджуються на окремих технологічних або екологічних аспектах, не враховуючи каскадний характер міжгалузевих зв'язків та ефекти трансляції

витрат у ресурсних циклах. У цьому контексті особливої актуальності набуває методичний підхід, що поєднує міжгалузеве моделювання, матричний аналіз прямих і повних витрат та операціоналізацію R-принципів циркулярної економіки, забезпечуючи кількісну верифікацію переходу від лінійних, витратних моделей до структурно стійких циркулярних моделей економіки. Запропонований методичний підхід (рис. 2.28) дозволяє обґрунтувати напрями структурних змін, здатні забезпечити випереджальне зростання валової доданої вартості без нарощування системного ресурсного навантаження, що визначає його наукову та прикладну значущість.

Перший етап методичного підходу передбачає моделювання структури та потоків ресурсного циклу, який спрямований на кількісну ідентифікацію структури та динаміки вартісних потоків, що формують сучасний стан і траєкторію розвитку ресурсних секторів економіки України. Його ключове завдання полягає у відтворенні функціональної архітектури ресурсного циклу як цілісної системи взаємопов'язаних ланок, а також у виявленні внутрішніх структурних диспропорцій, які визначають характер міжгалузевих взаємодій, глибину переробки та потенціал до відтворення.

Даний етап ґрунтується на інструментарії міжгалузевого аналізу, що дозволяє простежити повний ланцюг руху вартості – від добування первинних ресурсів до формування кінцевого попиту та валової доданої вартості. Це етап включає 5 підетапів.

1.1. Побудова бази даних здійснюється на основі міжгалузевих балансів, які забезпечують комплексне відображення потоків проміжного та кінцевого використання продукції між секторами економіки. База даних структурується відповідно до логіки ресурсного циклу та охоплює такі ключові ланки: первинну ресурсну базу; переробні ланки, які забезпечують трансформацію сировини у проміжну та готову продукцію; інфраструктурні ланки (енергетика, транспорт, торгівля), що обслуговують рух матеріальних і вартісних потоків; споживчі ланки, в яких формується кінцевий попит; допоміжні (інші) ланки.



Рис. 2.28. Логічна схема методичного підходу до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі

Джерело: авторська розробка

Такий підхід дозволяє перейти від фрагментарного галузевого аналізу до системного моделювання ресурсного циклу як єдиного економічного контуру.

1.2. Аналіз вхідного сліду формує ресурсний профіль виробничого ядра як споживача вхідних ресурсів. На цьому підетапі здійснюється аналіз структури проміжного споживання з метою визначення рівня ресурсоемності та технологічного профілю виробничого ядра. Вхідний слід розкладається за основними компонентами: сировинний слід, що відображає залежність від первинної видобувної бази; енергетичний слід, який ідентифікує чутливість галузі до цінових шоків на ринках енергоносіїв; логістичний слід, що характеризує трансакційні витрати обігу; внутрішню циклічність, яка відображає рівень самоспоживання та технологічного замикання всередині галузі; інші види сліду, пов'язані з використанням допоміжних товарів і послуг. Аналіз вхідного сліду дозволяє виявити структурні джерела витратного тиску, а також оцінити, чи формуються передумови для циркулярних моделей, чи галузь функціонує в межах лінійної, ресурсоемної траєкторії розвитку.

1.3. Аналіз вихідного сліду визначає ресурсний профіль виробничого ядра як постачальника готової продукції та спрямований на ідентифікацію структури стратегічних споживачів готової продукції та ролі виробничого ядра у формуванні міжгалузевих ланцюгів створення вартості. У межах цього підетапу оцінюється: концентрація вихідних потоків; рівень диверсифікації споживання продукції; ступінь орієнтації на інвестиційний, споживчий або експортний попит, капіталотворення. Такий аналіз дозволяє визначити, чи виконує ресурсний сектор функцію мультиплікатора розвитку національної економіки, чи замикається на обмеженому колі споживачів, посилюючи структурну вразливість циклу.

1.4. Аналіз структури валового випуску відображає здатність галузі до відтворення та розвитку. У межах цього підетапу здійснюється: аналіз частки проміжного споживання (Z) з метою ідентифікації інтенсивності міжгалузевих зв'язків та виявлення явища «ресурсної пастки»; оцінювання частки валового нагромадження, що характеризує спроможність галузі до відновлення власних

запасів та виробничих активів; аналіз сальдо кінцевого попиту (Y) через співвідношення експорту та імпорту, що верифікує структурну дефіцитність або профіцитність ресурсного циклу; оцінювання сальдо зовнішньої торгівлі, яке відображає зовнішню стійкість або зовнішню залежність. Комплексний аналіз структури валового випуску дозволяє визначити чи має ресурсний цикл відтворювальний характер, або ж функціонує на виснаження.

1.5. Аналіз структури валової доданої вартості (ВДВ). У межах цього аналізу виділяються сектори з високою часткою ВДВ у валовому випуску, в яких акумулюється основний фінансовий результат; виробничі ланки з низькою часткою ВДВ, що переважно переносять зростаючу вартість вхідних ресурсів на наступні етапи ресурсного циклу. Такий підхід дозволяє виявити каскадні механізми передачі вартості, а також визначити структурні бар'єри, які перешкоджають перетворенню ресурсних секторів з трансляторів витрат на повноцінні генератори ВДВ.

Другий етап методичного підходу передбачає матричне моделювання міжгалузевих зв'язків ресурсного циклу.

2.1. Розрахунок матриці коефіцієнтів прямих витрат (A) формалізує технологічну структуру ресурсного циклу та відображає безпосередні виробничі залежності між галузями. Кожен елемент матриці a_{ij} визначає вартісний обсяг продукції і-ї галузі, необхідний для виробництва одиниці валового випуску j-ї галузі. Коефіцієнти прямих витрат обчислюються за формулою:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j}, \quad (2.5)$$

де z_{ij} — проміжне споживання продукції і-ї галузі j-ю галуззю, X_j — валовий випуск j-ї галузі.

Зростання суми коефіцієнтів прямих витрат свідчить про посилення витратного характеру виробництва та формування передумов ресурсної пастки.

2.2. Побудова матриці повних витрат Леонтьєва (L) здійснюється за формулою (2.6):

$$L = (I - A)^{-1}, \quad (2.6)$$

A – матриця коефіцієнтів прямих витрат, елементи якої a_{ij} показують, який обсяг продукції i -ї галузі безпосередньо використовується для виробництва одиниці валового випуску j -ї галузі;

I – одинична (тотожна) матриця, що відображає початкову одиницю кінцевого попиту, яка має бути забезпечена виробничою системою.

$I - A$ – матриця чистого випуску, яка показує, яка частка валового випуску залишається після покриття прямих виробничих витрат.

$(I - A)^{-1}$ – обернена матриця, що акумулює ефект нескінченного ланцюга непрямих міжгалузевих зв'язків, які виникають у процесі виробництва.

Аналітичний фокус зосереджується на ключових галузях, що формують ядро ресурсного циклу «сировина – переробка – використання», що дозволяє оцінити структурну цілісність циклу.

2.3. Аналіз мультиплікаторів випуску та ВДВ. На основі матриці повних витрат здійснюється розрахунок мультиплікаторів, які є ключовими індикаторами масштабу впливу окремих галузей на економічну систему. Основними індикаторами є:

- мультиплікатор валового випуску (M_j), що відображає загальний обсяг виробництва в економіці, необхідний для задоволення одиниці кінцевого попиту;

- мультиплікатор ВДВ, який показує, яку сумарну (пряму та непряму) ВДВ генерує економіка на кожну 1 гривню кінцевого попиту на продукцію галузі.

Порівняльний аналіз цих мультиплікаторів дозволяє ідентифікувати галузі–мультиплікатори розвитку та/або виявити структурні розриви у ресурсному циклі.

Негативною ознакою структурної деградації є ситуація, за якої зростання мультиплікатора валового випуску супроводжується падінням мультиплікатора ВДВ, що свідчить про екстенсивний, витратний характер розвитку та

домінування трансляції витрат над створенням ВДВ.

2.4. Діагностика структурної сталості ресурсного циклу. Матриця повних витрат L використовується для оцінювання структурної сталості ресурсного циклу та його чутливості до зовнішніх і внутрішніх шоків. У межах цього підетапу здійснюється диференціація двох типів сталості:

- внутрішня сталість, яка оцінюється через діагональні елементи l_{ii} матриці L . Вони відображають мультиплікатор самоспоживання галузі. Високі значення свідчать про надмірну внутрішню замкненість, низьку здатність до адаптації, схильність до циклічних коливань у відповідь на зміни попиту;

- зовнішня сталість, що визначається позадіагональними елементами l_{ij} , які характеризують залежність кінцевої продукції від галузей=постачальників. Їх зростання ідентифікує вразливість до цінових і технологічних змін у суміжних секторах, ризики каскадної дестабілізації всього ресурсного циклу.

Третій етап методичного підходу спрямований безпосередньо на обґрунтування напрямів структурних перетворень на основі R-принципів, тобто на формування цільової моделі ресурсного циклу, здатної забезпечити структурний розрив між зростанням валового випуску та акумуляцією системних неефективностей. На відміну від попередніх етапів, що мають діагностичний характер, цей етап є синтетичним і проєктним, оскільки поєднує результати міжгалузевого аналізу з інструментами циркулярної економіки та дозволяє перейти до обґрунтування конкретних напрямів структурних перетворень.

Даний етап базується на R-принципах циркулярної економіки (R1 – Refuse (відмова), R2 – Rethink (переосмислення), R3 – Reduce (скорочення), R4 – Reuse (повторне використання), R5 – Repair (відновлення), R6 – Refurbish (оновлення), R7 – Remanufacture (повторне виробництво), R8 – Repurpose (перепрофілювання), R9 – Recycle (рециклінг)), які інтерпретуються як економічні механізми переформатування міжгалузевих зв'язків у межах ресурсного циклу (див. підрозділ 1.1).

3.1. Синтез порівняльних економічних моделей ресурсного циклу. На основі результатів Етапів 1 та 2 здійснюється порівняльний аналіз двох базових економічних моделей функціонування ресурсного циклу – поточної (лінійної) та цільової (циркулярної).

Лінійна модель ресурсного циклу характеризується високою паливно-сировинною залежністю виробничого ядра, зростанням повної ресурсомісткості, що відображається у підвищенні коефіцієнтів матриці повних витрат L_{ij} , домінуванням каскадної трансляції витрат через внутрішні ресурсні кола, «вимиванням» ВДВ з переробних ланок на користь добувних та інфраструктурних секторів. У такій конфігурації зростання валового випуску супроводжується поглибленням ресурсної пастки та структурним виснаженням виробничого ядра.

Циркулярна модель ресурсного циклу, навпаки, орієнтована на скорочення неефективних посередницьких та надлишкових ланок, зниження сукупного ресурсного, енергетичного та логістичного сліду; структурне послаблення каскадних ефектів у матриці повних витрат, випереджальне зростання мультиплікатора ВДВ порівняно з мультиплікатором валового випуску.

Таким чином, синтез моделей дозволяє сформулювати критерії бажаної структурної трансформації, які слугують орієнтирами для подальшої операціоналізації R-принципів.

3.2. Операціоналізація R-принципів за ланками ресурсного циклу

Операціоналізація R-принципів здійснюється диференційовано для кожної ланки ланцюга «сировина – переробка – використання».

Для кожної ланки визначаються пріоритетні R-заходи, які інтерпретуються як інструменти зміни структури міжгалузевих потоків. Їх реалізація обґрунтовується через очікувані зменшення коефіцієнтів прямих витрат a_{ij} , скорочення повних витрат l_{ij} у критичних ланках, зниження внутрішньої витратної циклічності, зростання питомої ВДВ у переробних секторах.

3.3. Обґрунтування фокусу структурних змін через матричні показники

Кожен запропонований напрям структурних перетворень верифікується через очікувану зміну ключових параметрів моделі Леонтьєва, що дозволяє кількісно оцінити його ефективність.

Фокус змін обґрунтовується на основі зниження діагональних елементів матриці повних витрат l_{ii} , що свідчить про ослаблення витратного самоспоживання; корекції позадіагональних елементів l_{ij} , які ідентифікують зменшення вразливості до зовнішніх постачальників, зростання мультиплікатора ВДВ при одночасному стримуванні мультиплікатора валового випуску, покращення співвідношення між кінцевим попитом і валовим випуском.

Таким чином, напрями структурних перетворень обґрунтовуються через зміну фундаментальних параметрів міжгалузевої взаємодії, що дозволяє забезпечити довгострокову економічну сталість ресурсних секторів.

Апробацію запропонованого методичного підходу здійснено на прикладі деревообробної галузі України, як одного з ключових ресурсних секторів економіки.

Структура ресурсного циклу деревообробної галузі України демонструє високий рівень виробничої концентрації та ресурсоємності, оскільки 85 % витрат формується за рахунок проміжного споживання вхідних ресурсів із 7 ключових секторів економіки: лісового господарства (ЛГ), внутрішньогалузевого споживання (ДГ), торгівлі, хімічної продукції (ХП), гумових та пластмасових виробів (ГПВ), а також електро– та газопостачання, транспорту та торгівлі. На інші види економічної діяльності припадає 15 % витрат, причому частка жодної окремої галузі не перевищує 5 %, що підтверджує вузьку спеціалізацію міжгалузевих зв'язків на вході у виробництво деревообробної галузі. У структурі розподілу проміжного споживання деревообробної галузі визначальну роль відіграє самоспоживання всередині самої галузі, харчова та меблева види діяльності, а також державне управління. Вплив інших галузей економіки є незначним і не перевищує 5 % для кожної. У додатку В представлені потоки ресурсного циклу деревообробної галузі в розрізі статей міжгалузевого балансу за виділеними секторами економіки.

Структура ресурсного циклу деревообробної галузі як споживача вхідних ресурсів (проміжне споживання у виробництві деревообробної галузі) характеризується високою внутрішньою циклічністю, суттєвим хіміко-полімерним слідом та тенденцією до зростання енергоємності виробничих процесів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Порівняльна структура вхідного сліду у виробництво деревообробної галузі у 2015–2021 рр.

Слід галузі	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Динаміка 2021/2015 (+/- в.п.)
Сировинний слід (ЛГ)	8,6	10,97	8,35	-0,25
Хімічний слід (ХП)	17,25	16,38	11,97	-5,28
Полімерний слід (ГПВ)	3,42	4,84	5,9	+2,48
Внутрішня циклічність (ДГ)	33,33	28,91	33,61	+0,28
Енергетичний слід (е/е та газ)	3,79	5,46	7,03	+3,24
Логістичний слід (транспорт та торгівля)	19,3	15,72	18,61	-0,69
Слід інших галузей економіки	14,31	17,72	14,53	+0,22
РАЗОМ проміжне споживання	100	100	100	—

Джерело: авторські розрахунки за даними міжгалузових балансів [32 – 34]

Аналіз сировинного сліду у виробництві деревообробної галузі України характеризується певною варіабельністю із загальним вектором до зниження залежності від первинної бази. Його динаміка продемонструвала траєкторію від базового рівня 8,6 % у 2015 р. до пікового значення в 11% у 2017 р., з наступною корекцією до 8,4 % у 2021 р. Таке зниження засвідчує поступовий відхід від екстенсивної моделі споживання первинної деревини.

Хімічний та полімерний сліди у виробництві деревообробної галузі демонструють різновекторні тенденції. Частка хімічної промисловості у структурі витрат деревообробної галузі скоротилася з 17,3 % у 2015 р. до 12 % у 2021 р., але водночас спостерігається стійка експансія полімерного сліду, частка якого зросла з 3,4 % до 5,9 %. Таке структурне заміщення ідентифікує перехід галузі до ширшого використання полімерів та комбінованих матеріалів, що, попри покращення споживчих властивостей продукції, створює додаткові

бар'єри для її подальшої вторинної переробки.

Внутрішня циклічність виробництва деревообробної галузі характеризується високою стабільністю та інтенсивністю, що свідчить про технологічне замикання ресурсного циклу. У структурі проміжного споживання частка самоспоживання деревообробної галузі, після певного зниження у 2017 р., відновилася до рівня 33,6 % у 2021 р. Така тенденція верифікує багатостадійність процесів переробки всередині галузі, де продукція лісопильного та целюлозного виробництв виступає базовою сировиною для паперової та поліграфічної ланок. Це створює необхідний технологічний базис для переходу до поглибленої переробки, проте за поточної кон'юнктури свідчить про консервацію існуючих виробничих ланцюгів.

Динаміка енергетичного сліду у виробництві деревообробної галузі характеризується стійким висхідним трендом та ідентифікує енергоносії як критичне «вузьке місце» ресурсного циклу. Частка витрат на електроенергію та газ майже подвоїлася – з 3,8 % у 2015 р. до 7,0 % у 2021 р. Таке зростання обумовлює високу вразливість виробництва деревообробної галузі до цінових шоків на енергетичних ринках, що призводить до каскадної трансляції витрат на кінцеву продукцію.

На цьому тлі логістичний слід (транспорт та торгівля) зберігає високу витратність на рівні у 19 % у 2021 р. Це відображає специфіку продукції деревообробної галузі (велика маса та об'єм), де витрати на обіг та розподіл суттєво обмежують можливості для капіталізації переробного ядра. Слід інших галузей економіки залишався стабільним на рівні 14,3–14,5 %, що підтверджує консервацію моделі зовнішнього аутсорсингу допоміжних послуг та матеріалів.

Таким чином, становлення ресурсного циклу деревообробної галузі на поточному етапі характеризується формуванням енерго-полімерного обтяження на тлі деінтенсифікації традиційного хімічного впливу. Висока внутрішня циклічність є технологічним фундаментом, проте зростаюча енергетична вразливість потребує переходу до циркулярних рішень для стабілізації вартості продукції.

Структура ресурсного циклу деревообробної галузі як постачальника вихідних ресурсів для галузей економіки характеризується високим рівнем концентрації навколо внутрішнього самоспоживання, стратегічною орієнтацією на потреби харчової промисловості та динамічним зростанням сліду в меблевому виробництві (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Порівняльна структура вихідного сліду деревообробної галузі за галузями економіки у 2015–2021 рр., у % від проміжного споживання

Слід ДПП у споживачах	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Динаміка 2021/2015 (+/- в.п.)
Внутрішня циклічність (самоспоживання ДПП)	31,86	30,52	33,66	+1,80
Слід у харчовій промисловості	27,15	25,17	28,6	+1,45
Слід у меблевій промисловості	0,29	2,27	7,67	+7,38
Слід у державному управлінні	8,35	5,89	5,48	-2,87
Слід в інших галузях економіки	32,35	36,15	24,59	-7,76
РАЗОМ	100	100	100	—

Джерело: авторські розрахунки за даними міжгалузевих балансів [32-34]

Найбільш динамічним зрушенням стало зростання частки споживання продукції деревообробної галузі меблевою промисловістю з 0,3 % у 2015 р. до 7,7 % у 2021 р., що свідчить про поступову інтеграцію галузі у внутрішні ланцюги створення доданої вартості та перетворення галузі на матеріальну базу для національного виробництва меблевої продукції.

Слід у харчовій промисловості продемонстрував стійкість із висхідною динамікою до 28,6 % у 2021 р. (+1,45 в.п.), що дозволяє визначити виробництво деревообробної галузі як стратегічну ланку забезпечення продовольчої безпеки, яка виступає невід’ємним компонентом допоміжного супроводу споживчого ринку – пакування харчової продукції.

Частка самоспоживання зросла до 33,7 % (+1,8 в.п.). Високий рівень внутрішньої циклічності ідентифікує багатостадійність циклу виробництва, проте водночас несе ризики, коли значна частина ресурсів поглинається самою галуззю для підтримки внутрішніх процесів без пропорційного зростання

валового випуску на потреби кінцевого попиту.

Спостерігається суттєве скорочення сліду в інших галузях економіки до 24,6 % у 2021 р. (на -7,8 %), що свідчить про витіснення продукції деревообробної галузі із широкого промислового вжитку та її концентрацію навколо обмеженого кола галузей-реципієнтів. Скорочення частки державного управління на 2,9% відображає системний вплив цифровізації державних послуг та поступове заміщення паперової продукції цифровими інструментами документообігу.

Таким чином, структурні зрушення на виході з виробництва деревообробної галузі у 2015–2021 рр. свідчать про трансформацію виробництва галузі у спеціалізований ресурсний хаб, що одночасно виконує роль допоміжної ланки для харчового промисловості та попередньої ланки для меблевої промисловості. Попри позитивний вектор розвитку меблевого сліду, загальне звуження міжгалузевої диверсифікації та збереження високого рівня самоспоживання підкреслюють необхідність впровадження циркулярних рішень для розширення ринкових ніш та підвищення стійкості галузі.

Аналіз структури розподілу валового випуску ресурсного циклу деревообробної галузі у 2015–2021 рр. підтверджує функціональну роль галузі як базової ланки забезпечення промислового сектору та експорту (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

**Порівняльна структура валового випуску ресурсного циклу
деревообробної галузі у 2015–2021 рр., % до валового випуску**

Розподіл валового випуску:	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Динаміка 2021/2015 (+/- в.п.)
Частка проміжного споживання (Z)	80,19	72,12	77,49	-2,7
Частка кінцевого споживання	15,32	18,11	12,17	-3,15
Частка валового нагромадження	1,62	5,94	0,61	-1,01
Частка експорту	33,53	33,45	33,79	+0,26
Частка імпорту	30,66	29,62	24,07	-6,59
Частка кінцевого попиту (Y)	19,81	27,88	22,51	+2,70

Джерело: авторські розрахунки за даними міжгалузевих балансів [32-34]

Частка проміжного споживання залишається домінуючою у структурі валового випуску, попри поступове скорочення з 80,2 % у 2015 р. до 77,5 % у 2021 р. Така конфігурація верифікує глибоку інтеграцію ресурсного циклу у внутрішні ланцюги створення вартості, де продукція деревообробної галузі використовується переважно як ресурсний базис для подальшої промислової переробки. Водночас динаміка інвестиційного складника свідчить про системне вимивання капіталу з галузі: після локального піку у 2017 р. (5,9 %) частка валового нагромадження галуззю критично скоротилася до 0,6 % у 2021 р.

На цьому тлі математичне зростання частки кінцевого попиту до 22,5 % у 2021 р. (на +2,7 в.п.) має регресивний характер. Це зумовлено не реальним розширенням ринку, а випереджаючим темпом скорочення імпорту (–6,6 в.п.) в умовах системної деградації внутрішнього споживання. Протягом 2015–2021 рр. сумарна частка внутрішнього використання продукції деревообробної галузі (сукупність проміжного споживання, кінцевого споживання та нагромадження) скоротилася з 97,1 % до 90,3 % від обсягу валового випуску. Отже, звуження частки імпорту до 24,1 % засвідчує фактичне стиснення внутрішнього попиту, який падає швидше за можливості національного виробництва.

У ситуації, що склалася, виробництво деревообробної галузі демонструє високу стійкість експортних позицій. Частка експорту у валовому випуску протягом 7 років стабільно утримувалася на рівні 33,5–33,8 %, що ідентифікує конкурентоспроможність галузі на зовнішніх ринках, яка в умовах внутрішнього звуження виконує роль ключового стабілізатора виробничої активності.

Аналіз створення ВДВ у межах ресурсного циклу деревообробної галузі ідентифікує його глибокі структурні диспропорції, що визначають його низьку загальну ефективність (табл. 2.5).

Поточна модель ресурсного циклу деревообробної галузі є екстрактивною, оскільки основна частка ВДВ акумулюється на початковій стадії – у лісовому господарстві, де показник ВДВ у 2021 р. становив 62,1 %. Така конфігурація обумовлює залежність усього циклу від експлуатації природного капіталу, тоді як наступні ланки переробки демонструють набагато нижчу здатність генерувати

ВДВ, що є характерною ознакою його сировинної орієнтації.

Таблиця 2.5

**Порівняльна структура створення ВДВ в межах ресурсного циклу
деревообробної галузі у 2015–2021 рр., % ВДВ у валовому випуску галузей**

Складові ресурсного циклу	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Динаміка 2021/2015 (+/- в.п.)
ЛГ	68,2	65,4	62,1	-6,1
ДГ	18,2	18,4	18,3	+0,10
ХП	16,5	14,2	12,8	-3,7
ГПВ	24,1	22,5	21,8	-2,3
Е/є, газ	28,4	22,1	18,6	-9,8
Торгівля	65,2	63,8	61,5	-3,7
Транспорт	45,6	42,3	40,8	-4,8

Джерело: авторські розрахунки за даними міжгалузевих балансів [32-34]

Ситуація ускладнюється логістичними обтяженнями. Висока концентрація ВДВ у сферах торгівлі та транспорту (61,5 % та 40,8 % відповідно у 2021 р.) свідчить про те, що ці галузі виступають потужними мультиплікаторами доходу на стадії дистрибуції. Проте, для виробничого ядра це означає вимивання прибутку з ресурсного циклу деревообробної галузі: значна частина вартості реалізується поза межами промислової переробки, що позбавляє його фінансової спроможності до технологічної модернізації.

Безпосередньо випуск продукції деревообробної галузі функціонує в режимі транслятора витрат, демонструючи критично низьку та стабільну частку ВДВ на рівні 18,3 %. Відсутність позитивної динаміки за 7 років підтверджує, що галузь переважно переносить вартість вхідних ресурсів на кінцевого споживача без створення суттєвого власного внеску через глибоку технологічну переробку.

Ефективність циклу додатково обмежується деградацією ВДВ в енергетиці та хімічній промисловості, де зафіксовано її падіння частки до 18,6 % та 12,8 % відповідно. Це посилює «ресурсну пастку»: вхідні компоненти дорожчають через власну неефективність постачальників, а переробне ядро деревообробної галузі не має фінансової спроможності до генерації ВДВ.

Окрему загрозу становить використання гумових та пластмасових виробів у виробництві деревообробної галузі. Хоча частка ВДВ у гумових та пластмасових виробів вища за показник деревообробної галузі (21,8 % проти 18,3 %), вона стійко скорочується (на -2,3 в.п.). На тлі зростання полімерного сліду в ресурсному циклі деревообробної галузі це вказує на те, що здатність цієї ланки генерувати ВДВ деградує, обтяжуючи загальну структуру витрат ресурсного циклу галузі.

Наступним кроком є розрахунок матриці коефіцієнтів прямих витрат. Аналіз матриці коефіцієнтів прямих витрат (табл. 2.6) дозволяє розкрити динаміку технологічної трансформації ресурсного циклу деревообробної галузі. Кожен коефіцієнт a_{ij} відображає рівень технологічної залежності галузі від конкретного ресурсу, а їх сукупна зміна фіксує еволюцію виробничого профілю протягом 2015–2021 рр.

Таблиця 2.6

Коефіцієнти прямих витрат для виробництва деревообробної галузі у 2015–2021 рр., грн / грн

Постачальник ресурсів	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Динаміка 2021/2015 (+/-)
1. ЛГ	0,066	0,0835	0,0648	-0,0012
2. ДГ	0,2555	0,2201	0,2609	+0,0054
3. ХП	0,1323	0,1247	0,0929	-0,0394
4. ГПВ	0,0262	0,0368	0,0458	+0,0196
5. Е/е, газ	0,0291	0,0416	0,0546	+0,0255
6. Торгівля	0,1092	0,083	0,098	-0,0112
7. Транспорт	0,0388	0,0367	0,0464	+0,0076
8. Інші галузі	0,1095	0,135	0,1127	+0,0032
Прямі витрати	0,7666	0,7614	0,7761	+0,0095

Джерело: авторські розрахунки за даними міжгалузевих балансів [32-34]

Динаміка коефіцієнтів прямих витрат лісової галузі для деревообробної галузі ($a_{1,2}$) свідчить, що у 2015–2017 рр. спостерігалось різке зростання прямої сировинної місткості з 0,0660 грн/грн до 0,0835 грн /грн, у т.ч. через тимчасове зниження глибини промислової переробки необробленої деревини. У

2017–2021 рр. відбулося зниження показника до 0,0648 грн /грн, що фактично означає лише повернення галузі до рівня 2015 р. Загальна зміна коефіцієнта $a_{1,2}$ за 7 років становить лише $-0,0012$ грн /грн, що доводить стан технологічної консервації галузі.

Динаміка коефіцієнта прямих витрат на самоспоживання деревообробної галузі ($a_{2,2}$) у цей період підтверджує провідну роль внутрішніх потоків ресурсів у структурі витрат галузі. У 2015–2017 рр. коефіцієнт знизився з 0,2555 до 0,2201 грн/грн, що відображає технологічне вдосконалення виробництва. Проте, у 2017–2021 рр. він зріс до 0,2609 грн/грн, нівелювавши попереднє падіння й підвищивши технологічне навантаження. За 7 років галузь залишилась замкненою в існуючій структурі витрат: близько 1/4 вартості випуску стабільно витрачається всередині виробництва галузі.

Аналіз динаміки коефіцієнтів прямих витрат хімічної продукції ($a_{3,2}$) та гумових і пластмасових виробів ($a_{4,2}$) дозволяє ідентифікувати вектор технологічного переозброєння виробництва деревообробної галузі, що полягає у поступовому структурному заміщенні традиційних хімікатів полімерними матеріалами. У 2015–2021 рр. у виробничому циклі деревообробної галузі коефіцієнт прямих хімічних витрат ($a_{3,2}$) скоротився майже на 30%, що засвідчує раціоналізації витрат на допоміжні хімічні речовини (клеї, фарби, реагенти) та перехід до менш хімічно-інтенсивних і екологічніших технологій (механічні, термічні, лазерні та плазмові методи, а також водорозчинні та порошкові покриття тощо). На протигагу хімічному складнику, динаміка коефіцієнта прямих полімерних витрат ($a_{4,2}$) демонструвала агресивне зростання у структурі випуску деревообробної галузі на +75 %, що свідчить про формування стійкої залежності галузі від полімерних матеріалів (ламінування, вологостійке покриття, композити тощо) для забезпечення сучасних технологічних процесів і споживчих властивостей продукції.

Істотне зростання коефіцієнта прямих енергетичних витрат ($a_{5,2}$) на +88 % свідчить про формування «енергетичної пастки» для виробництва деревообробної галузі. Системне подорожчання енергоресурсів на

внутрішньому ринку, а також частковий перехід до механізованих способів обробки деревини потребували вищих витрат енергії порівняно з традиційними методами. В умовах лінійної моделі це призводило до критичного обтяження собівартості, енергетичний складник став ключовим дестабілізуючим чинником, що суттєво підвищує собівартість і зменшує ВДВ продукції.

Загальна сума сукупних логістичних витрат ($a_{\{6,2\}} + a_{\{7,2\}}$) за 7 років залишилася на високому рівні – близько 0,1444 грн/грн, що засвідчує стан логістичної інерції галузі. Попри внутрішні коливання між торгівлею та транспортом, загальне обтяження виробничого процесу послугами розподілу залишається критичним, оскільки значна частина витрат спрямовується на підтримку каналів розподілу продукції на шляху до кінцевого споживача, які не змінюють фізичних властивостей продукту, але суттєво обмежують фінансовий простір для нарощування ВДВ безпосередньо у виробничому секторі.

Загальна зміна коефіцієнта інших прямих витрат ($a_{\{8,2\}}$) за 7 років становить +0,0032 грн/грн, що демонструє певну волатильність та верифікує стан технологічної консервації допоміжних зв'язків для виробництва деревообробної галузі. Галузь змушена витрачати понад 11 коп. з кожної гривні випуску на технологічного та сервісного супроводу виробничої інфраструктури. Така висока частка допоміжних витрат на фоні низької ВДВ вказує на недостатню внутрішню ефективність, де значні ресурси поглинаються обслуговуючими секторами, які не створюють безпосередньої споживчої цінності продукту, але є необхідними для функціонування лінійного циклу.

Отже, динаміка сумарного коефіцієнта прямих витрат на виробництво деревообробної галузі (зміна з 0,7666 грн/грн у 2015 р. до 0,7761 грн/грн у 2021 р.) верифікує, що ресурсний цикл галузі перетворився на жорстко детерміновану систему перетворення енергії та сировини, що: закріплює за нею статус транслятора витрат: зростання суми прямих витрат на +0,0095 грн/грн свідчить про те, що галузь стає дедалі більш залежною від вхідних ресурсів; обумовлює зростання технологічного обтяження: економія на одних складових (ХП ($a_{\{3,2\}}$)) була повністю нівельована агресивним зростанням витрат на енергію

($a_{5,2}$) та гумових та пластмасових виробів ($a_{4,2}$), а також збільшенням витрат на підтримку внутрішніх процесів ($a_{2,2}$); вичерпання лінійної ефективності: майже нульова волатильність суми прямих витрат у аналізованому періоді (різниця між 2015 та 2021 рр. складає менше 1 %).

Далі для розрахунку повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі використовуємо матрицю, яка складається по вертикалі та горизонталі з галузей проміжного споживання. У додатку В представлені розрахунки матриці повних витрат ресурсного циклу для 2015 р., 2017 р. та 2021 р. Для аналізу повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі зосередимося на трьох ключових галузях, які складають виробниче ядро цього циклу – лісове господарство, деревообробна галузь та меблева промисловість.

Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту лісової галузі у 2015-2021 рр. представлено у табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту лісової галузі у 2015–2021 рр. грн / грн

Галузі–постачальники ресурсів (i)	2015	2017	2021	Динаміка (+/–)	Напрямок структурних змін
1. ЛГ	1,3811	1,3811	1,3515	-0,0296	Незначне зниження внутрішньогалузевих оборотів при збереженні виходу продукції.
2. ДГ	0,0207	0,0207	0,0214	+0,0007	Закріплення деревообробки як основного каналу переробки сировини.
3. ХП	0,2569	0,2569	0,2214	-0,0355	Зменшення інтегрованого хімічного сліду у ЛГ.
4. ГПВ	0,0358	0,0358	0,0412	+0,0054	Зростання використання полімерних матеріалів.
5. Е/е, та газ	0,0849	0,0849	0,1124	+0,0275	Енергетичне обтяження та зростання питомих енерговитрат на фоні подорожчання носіїв.
6. Торгівля	0,4293	0,4293	0,4124	-0,0169	Незначне зниження посередницького навантаження на цикл.
7. Транспорт	0,1394	0,1394	0,1542	+0,0148	Збільшення витрат на перевезення
11. Інші види діяльності	0,5648	0,5648	0,5556	-0,0092	Поступове вимивання низькопродуктивних допоміжних ланок.
Мультиплікатор випуску (Mj)	2,9129	2,9129	2,8701	-0,0428	Підвищення ефективності випуску: зниження загальної ресурсомісткості на одиницю продукції.

Джерело: авторські розрахунки

Отже, лісова галузь перебуває напочатку переходу від екстенсивної сировинної моделі до більш оптимізованої структури виробництва. Мультиплікатор випуску (M_j) знизився з 2,9129 до 2,8701 грн/грн, що означає скорочення сукупного випуску суміжних галузей, необхідного для формування одиниці кінцевої продукції лісової галузі на 4,3 %. Така динаміка вказує на інтенсифікацію виробничих процесів і часткове вилучення низькопродуктивних допоміжних ланок.

Показник повних витрат лісової галузі ($l_{\{1,1\}}$) скоротився з 1,3811 до 1,3515 грн/грн, що свідчить про зменшення внутрішньогалузевої замкненості та вивільнення первинних біоресурсів для подальшої промислової переробки без втрати обсягів валового випуску.

Водночас на тлі загального підвищення ресурсної ефективності формується тенденція зростання енергетичного навантаження. Повні витрати на електроенергію та газ зросли на 32,4 % (з 0,0849 до 0,1124 грн/грн), що ідентифікує енергозалежність як ключовий фактор структурної вразливості лісової галузі. Повні витрати на транспорт збільшилися на +0,0148 грн/грн, тоді як торговельний слід скоротився на -0,0169 грн/грн. У сукупності це свідчить про перерозподіл логістичного навантаження без його реального зменшення, внаслідок чого досягнута економія в інших ланках значною мірою нівелюється зростанням вартості паливно-енергетичних ресурсів і перевезень.

Найбільш відчутне скорочення повних витрат серед зовнішніх постачальників зафіксовано в хімічній промисловості – на 13,8 %, що верифікує відхід від інтенсивного використання складних хімічних реагентів на користь більш екологічних і менш токсичних методів ведення лісового господарства.

Зростання повних витрат на деревообробної галузі (+0,0007 грн/грн) та гумових та пластмасових виробів (+0,0054 грн/грн) вказує на зміну технологічного наповнення ЛГ, яке дедалі більше інтегрується з переробними ланками, що використовують сучасні полімерні матеріали для пакування та захисту продукції.

Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту деревообробної галузі у 2015-2021 рр. представлено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

**Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту виробництва
деревообробної галузі у 2015–2021 рр., грн / грн**

Галузі–постачальники ресурсів (i)	2015	2017	2021	Динаміка (+/–)	Напрямок структурних змін
1. ЛГ	0,166	0,166	0,1468	-0,0192	Скорочення повних витрат деревини на одиницю готової продукції ДГ.
2. ДГ	1,2983	1,2983	1,3654	+0,0671	Технологічне навантаження та зростання внутрішньої циклічності
3. ХП	0,2744	0,2744	0,2148	-0,0596	Суттєве зменшення інтегрованого хімічного сліду реагентів та барвників.
4. ГПВ	0,0877	0,0877	0,1214	+0,0337	Розширення використання полімерів у технологічному процесі виробництва ДГ.
5. Е/е, та газ	0,1155	0,1155	0,1482	+0,0327	Зростання повних енергетичних витрат на фоні здорожчення енергоносіїв.
6. Торгівля	0,3418	0,3418	0,3214	-0,0204	Поступове зниження посередницького навантаження.
7. Транспорт	0,1178	0,1178	0,1312	+0,0134	Збільшення витрат на перевезення у структурі вартості.
11. Інші види діяльності	0,4885	0,4885	0,4266	-0,0619	Скорочення витрат на низькопродуктивні допоміжні матеріали, роботи та послуги.
Мультиплікатор випуску (Mj)	2,890	2,890	2,8758	-0,0142	Незначне підвищення інтегрованої ефективності випуску

Джерело: авторські розрахунки

Виявлені структурні зрушення свідчать про системну трансформацію виробництва деревообробної галузі, яке еволюціонує від відносно простої лінійної моделі переробки до більш складної та багатостадійної, проте водночас витратно-обтяженої конфігурації. Одним із ключових проявів цього процесу є поглиблення внутрішньогалузевої циклічності, що відображається у зростанні повних витрат самого виробництва деревообробної галузі ($l_{2,2}$) з 1,2983 грн/грн до 1,3654 грн/грн. Це засвідчує необхідність залучення дедалі більшого внутрішнього обороту галузі для формування кожної одиниці кінцевого попиту та підтверджує ускладнення технологічних ланцюгів від первинної деревообробки до випуску продукції.

Паралельно з внутрішньою інтеграцією зафіксовано формування розриву між сировинною базою та кінцевим продуктом, оскільки повні витрати лісової галузі у виробництві деревообробної галузі ($l_{1,2}$) скоротилися на 11,6 %. Такий тренд вказує на інтенсифікацію використання ресурсів та підвищення коефіцієнтів виходу продукції, що дозволяє галузі поступово знижувати сировинну залежність за рахунок посилення ролі промислових стадій обробки. Окрім цього, простежується раціоналізація допоміжних процесів, що підтверджується скороченням інших повних витрат ($l_{11,2}$) до 0,4266 грн/грн та хімічної продукції ($l_{3,2}$) до 0,2148 грн/грн, що є ознакою часткової модернізації виробництва.

Водночас на тлі оптимізації сировинного та хімічного сліду формується специфічна енерго-полімерна технологічна пастка, зумовлена різким зростанням питомих витрат на енергоносії та полімерні матеріали. Зокрема, повні витрати на електроенергію та газ ($l_{5,2}$) зросли на 28,3 % до рівня 0,1482 грн/грн, а слід гумових та пластмасових виробів ($l_{4,2}$) збільшився на 38,4 % до 0,1214 грн/грн. Це означає, що досягнута в інших ланках економія була фактично нівельована зростаючою залежністю від енергетичних та нафтохімічних ринків.

Загалом, попри ці структурні зрушення, загальний мультиплікатор випуску деревообробної галузі (M_j) залишається стабільним у діапазоні 2,87–2,89 грн/грн, що підтверджує адаптацію галузі через заміщення традиційних новими технологічними зв'язками.

Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту меблевої промисловості у 2015-2021 рр. представлено у табл. 2.9.

Структурні зрушення в меблевій промисловості верифікують її еволюцію в межах ресурсного циклу деревообробної галузі у напрямі перетворення на ланку, що акумулює продукцію деревообробки з поглибленою внутрішньою циклічністю та зростаючою ресурсомісткістю. Ключовим індикатором цієї трансформації є зростання загального мультиплікатора випуску (M_j) з 2,2097 до 2,2627 грн/грн. Це свідчить про збільшення сукупної потреби в ресурсах суміжних галузей на 2,4 % для формування одиниці кінцевого попиту, що

переводить меблеву промисловість у модель активної акумуляції витрат попередніх ланок циклу.

Таблиця 2.9

**Аналіз повних витрат на одиницю кінцевого попиту меблевої
промисловості у 2015–2021 рр., грн / грн**

Галузі– постачальники ресурсів (i)	2015	2017	2021	Динаміка (+/-)	Напрямок структурних змін
1. ЛГ	0,030	0,030	0,0255	-0,0045	Скорочення використання первинної деревної сировини.
2. ДГ	0,0438	0,0438	0,0648	+0,0210	Посилення технологічної інтеграції з деревообробкою.
3. ХП	0,0746	0,0746	0,0614	-0,0132	Рационалізація хімічного сліду (клеї, лаки, фарби).
4. ГПВ	0,0488	0,0488	0,0512	+0,0024	Зростання частки полімерних компонентів.
5. Е/е та газ	0,0989	0,0989	0,1214	+0,0225	Зростання повної енергетичної залежності.
6. Торгівля	0,2596	0,2596	0,2142	-0,0454	Зниження посередницького навантаження.
7. Транспорт	0,0804	0,0804	0,0912	+0,0108	Посилення логістичного тиску на одиницю випуску.
9. Меблева промисловість	1,0604	1,0604	1,1412	+0,0808	Зростання внутрішньої складності та самоспоживання.
11. Інші галузі*	0,5132	0,5132	0,4918	-0,0214	Оптимізація супутніх та сервісних зв'язків.
Мультиплікатор випуску (Mj)	2,2097	2,2097	2,2627	+0,0530	Зростання сукупної ресурсомісткості продукції.

Джерело: авторські розрахунки

Основним чинником змін стало зростання повних внутрішніх витрат меблевої галузі ($I_{9,9}$) з 1,0604 до 1,1412 грн/грн (+7,6 %). Таке зростання засвідчує ускладнення технологічних процесів та підвищення ролі внутрішньогалузевого обороту.

Паралельно зафіксовано суттєве посилення інтеграції з деревообробною галузі на тлі деінтеграції з лісовою галуззю. Повні витрати на продукцію деревообробної галузі для меблевого виробництва зросли до 0,0648 грн/грн (+47,9 %), що верифікує структурну переорієнтацію галузі з використання первинної необробленої деревини на застосування продукції вищих стадій переробки – плит, фанери та ламінованих матеріалів. Водночас повний слід

лісової галузі скоротився до 0,0255 грн/грн (–15,0 %), що підтверджує зменшення прямої сировинної місткості та раціоналізацію використання первинних біоресурсів.

Оптимізація матеріального складу супроводжується зниженням повних витрат хімічної промисловості до 0,0614 грн/грн (–17,7 %). Однак ці позитивні технологічні зрушення були частково нівельовані зростанням полімерного сліду, який підвищився до 0,0512 грн/грн (+4,9 %), що створює додаткові бар'єри для майбутньої циркулярної переробки готової продукції.

Критичним обмежувальним чинником стає енергетично-логістичне обтяження меблевої ланки. Повні витрати на електроенергію та газ зросли до 0,1214 грн/грн (+22,8 %), тоді як транспортний слід збільшився до 0,0912 грн/грн (+13,4 %). Така динаміка вказує на те, що економія на сировинних та хімічних компонентах поглинається зростанням вартості енергоносіїв та логістичних послуг, формуючи нову структуру витратної вразливості ресурсного циклу деревообробної галузі.

На основі розрахунку повних витрат сформовано порівняльну табл. 2.10 динаміки мультиплікаторів випуску для ключових ланок ресурсного циклу деревообробної галузі, яка дозволяє оцінити сукупний вплив кожної галузі на економічну активність у суміжних секторах.

Таблиця 2.10

Порівняння ключових ланок ресурсного циклу деревообробної галузі за мультиплікаторами випуску у 2015–2021 рр., грн / грн

Галузь j	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Зміна у 2021 р. проти 2015 р.	Темп приросту, %
1. ЛГ	2,9129	2,9129	2,8701	-0,0428	-1,47
2. ДГ	2,89	2,89	2,8758	-0,0142	-0,49
3. Меблева промисловість	2,2097	2,2097	2,2627	+0,0530	+2,40

Джерело: авторські розрахунки

Порівняльний аналіз мультиплікаторів випуску ключових ланок

ресурсного циклу деревообробної галузі за 2015–2021 рр. верифікує його структурну трансформацію й перехід до глибокої промислової переробки. Виявлені тенденції демонструють чітку диференціацію динаміки, де лісова та деревообробна галузі поступово знижують інтегровану ресурсомісткість, тоді як меблева промисловість перетворюється на кінцевий вузол акумуляції витрат у межах усього циклу.

Лісова галузь, попри часткову раціоналізацію (-1,5 %), зберігає статус базового донора економічної активності з найвищим рівнем мультиплікативного ефекту — 2,8701 грн/грн. Це підтверджує визначальну роль галузі у генеруванні сукупного попиту, що формує надійний структурний фундамент для всього ресурсного циклу деревообробної галузі.

Виробництво деревообробної галузі функціонує як стабільне технологічне ядро циклу, демонструючи мінімальну варіабельність мультиплікатора випуску, на -0,5 %. Така стійкість верифікує успішну адаптацію галузі до зовнішніх шоків, де економія на первинній сировині та хімічних компонентах врівноважується зростанням енергетичного та полімерного навантаження.

Меблева промисловість, підвищивши свій мультиплікатор на +2,4 %, дедалі активніше інтегрує продукцію високого ступеня обробки та композитні матеріали. Це поступове зміщує центр створення вартості у кінцеву ланку циклу, роблячи всю систему сприятливою для впровадження циркулярних підходів.

Динаміка мультиплікаторів ВДВ в межах ресурсного циклу деревообробної галузі у 2015–2021 рр. свідчить про структурну перебудову механізмів генерації ВДВ. Зафіксовано дивергенцію траєкторій розвитку між сировинною, проміжною та кінцевою стадіями переробки, що відображає перерозподіл економічного ефекту вздовж усього циклу (табл. 2.11).

Мультиплікатор ВДВ для лісової галузі скоротився до 1,95 грн/грн у 2021 р. (-19,6 %), що засвідчує суттєве зниження здатності галузі генерувати суміжну додану вартість у пов'язаних секторах економіки України. Така динаміка вказує на послаблення ролі сировинної ланки як мультиплікатора доходів, що зумовлено структурним тиском з боку енергетики, логістики та зростанням

транзитних витрат при збереженні високої ресурсної значущості галузі.

Таблиця 2.11

Порівняння ключових ланок ресурсного циклу деревообробної галузі за мультиплікаторами ВДВ у 2015–2021 рр., грн /грн

Галузь j	2015	2017	2021	Зміна у 2021 р. проти 2015 р.	Темп приросту, %	Напрямок структурних змін
1. ЛГ	2,425	2,436	1,95	-0,475	-19,59	Зниження здатності до генерації ВДВ в економіці.
2. ДГ	5,361	5,163	4,057	-1,304	-24,32	Оптимізація переробки: підвищення здатності галузі самостійно генерувати вартість на одиницю витрат.
9. Меблева промисловість	2,504	2,463	4,079	+1,575	+62,90	Трансформація у вузол акумуляції: ускладнення ланцюгів та концентрація системної вартості у фінальній ланці.

Джерело: авторські розрахунки

Найбільш виражене падіння зафіксовано у виробництві деревообробної галузі, де мультиплікатор ВДВ знизився з 5,36 грн/грн до 4,06 грн/грн (–24,3 %). Попри те, що галузь зберігає відносно високий рівень мультиплікації ВДВ порівняно з іншими ланками, це вказує на структурне виснаження переробного ядра. Зростання валового випуску деревообробної галузі дедалі менш ефективно конвертується у ВДВ як усередині галузі, так і в суміжних ланках. Фактично виробництво деревообробної галузі поетапно у транслятора витрат, де домінантний вплив енерго-, полімеро- та логістично- інтенсивних складових нівелює потенціал створення ВДВ.

На цьому тлі мультиплікатор ВДВ меблевої промисловості демонструє кардинально протилежну траєкторію розвитку. Її мультиплікатор ВДВ зріс з 2,50 грн/грн до 4,08 грн/грн (+62,9 %), що є найбільш динамічним показником у межах цього ресурсного циклу. Такий стрибок засвідчує перехід кінцевої стадії переробки до режиму мультиплікації ВДВ, перетворюючи галузь на ключовий вузол концентрації доходів у ресурсному циклі деревообробної галузі.

Асиметричну динаміку внутрішньої сталості в межах ресурсного циклу

деревообробної галузі фіксують дані табл. 2.12.

Таблиця 2.12

**Аналіз внутрішньої сталості ключових галузей ресурсного циклу
деревообробної галузі у 2015–2021 рр., грн / грн**

Галузь j	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Абсолютна зміна (+/-)	Темп приросту, %
1. ЛГ	1,3811	1,3811	1,3515	-0,0296	-2,14
2. ДГ	1,2983	1,2983	1,3654	+0,0671	+5,17
9. Меблева промисловість	1,0604	1,0604	1,1412	+0,0808	+7,62

Джерело: авторські розрахунки

Лісова галузь продемонструвало позитивну динаміку підвищення внутрішньої структурної сталості ($L_{\{1,1\}}$). Зниження діагонального коефіцієнта на 2,14 % свідчить про послаблення внутрішньогалузевої замкненості та означає вивільнення частини первинних біоресурсів для подальшої промислової переробки та зниження схильності сировинної ланки до самоколивань у відповідь на зміни кінцевого попиту.

Деревообробна галузь, навпаки, характеризується погіршенням внутрішньої структурної сталості внаслідок зростання мультиплікатора самоспоживання ($L_{\{2,2\}}$) на 5,17 %. За таких умов будь-які збої у виробництві або коливання кінцевому попиту здатні породжувати посилені вторинні коливання, підвищуючи вразливість галузі до ендегенних шоків.

Меблева промисловість продемонструвала найбільш виражений тренд до зниження внутрішньої структурної сталості ($L_{\{9,9\}}$), оскільки темп приросту мультиплікатора самоспоживання сягнув +7,62 %. Кінцева ланка ресурсного циклу ДПП стає дедалі залежною від власних проміжних процесів, що підвищує ризики автоколивань виробництва у разі зміни кінцевого попиту вже на завершальній стадії переробки.

Отже, відбувається зміщення внутрішньої циклічності вниз за ресурсним циклом – від лісової до деревообробної галузі. У той час як сировинна ланка поступово підвищує свою внутрішню стійкість, деревообробна галузь та меблева

промисловість дедалі більше функціонують у режимі технологічної замкненості, що потребує цілеспрямованих заходів з диверсифікації внутрішніх потоків, зниження енерго- та ресурсоемності й впровадження циркулярних підходів стабілізації ресурсного циклу.

У 2015–2021 рр. ресурсний цикл деревообробної галузі продемонстрував тенденцію до підвищення зовнішньої структурної сталості (табл. 2.13). Найбільш успішною у цьому аспекті виявилася проміжна ланка (виробництво продукції з деревини), яка через поглиблення внутрішньої циклічності змогла суттєво знизити критичну залежність від зовнішніх галузей-постачальників.

Таблиця 2.13

**Аналіз зовнішньої сталості ключових галузей ресурсного циклу ДПП у
2015–2021 рр., грн / грн**

Галузь j	2015 р.	2017 р.	2021 р.	Абсолютна зміна (+/-)	Темп приросту, %
1. ЛГ	1,5318	1,5318	1,5186	-0,0132	-0,86
2. ДГ	1,5917	1,5917	1,5104	-0,0813	-5,11
3. Меблева промисловість	1,1493	1,1493	1,1215	-0,0278	-2,42

Джерело: авторські розрахунки

Лісова галузь зберігає найвищий рівень зовнішньої залежності серед ключових ланок ресурсного циклу деревообробної галузі – 1,5186 грн/грн у 2021 р. Це зумовлено його роллю як базового споживача енергетичних, хімічних і логістичних послуг, без яких неможливе відтворення сировинної бази. Незначне зниження зовнішнього мультиплікатора лише на –0,9 % свідчить про структурну інерційність цієї ланки та збереження високої вразливості до зовнішніх шоків у суміжних секторах.

Виробництво продемонструвало найбільш виражене зміцнення зовнішньої структурної сталості. Зниження позадіагонального мультиплікатора до 1,5104 грн/грн (на –5,1 %) верифікує суттєве скорочення системної залежності галузі від

коливань у галузях-постачальниках ресурсів. Це свідчить про зростання адаптивності переробної ланки до зовнішніх шоків, досягнуте за рахунок внутрішньої кооперації та заміщення зовнішніх внутрішніми потоками.

Меблева промисловість характеризується помірним підвищенням зовнішньої сталості, про що свідчить зниження зовнішнього мультиплікатора на 2,4 % – до 1,1215 грн/грн. Попри зростання загальної ресурсомісткості кінцевого продукту, кінцева ланка ресурсного циклу деревообробна галузь стала менш чутливою до коливань у зовнішніх секторах, що свідчить про перехід до більш автономної конфігурації формування ВДВ. Водночас така переорієнтація підсилює внутрішню циклічність і потребує балансування між зовнішньою стійкістю та внутрішньою структурною сталістю.

На основі порівняльного аналізу коефіцієнтів прямих ($a_{i,j}$) та повних ($l_{i,j}$) витрат в табл. 2.14 узагальнено ключові напрями структурних перетворень лісової галузі за принципами 9R циркулярної економіки, що відображають перехід від сировинно-орієнтованої лінійної моделі до циркулярної моделі з підвищеною структурною сталістю.

Таблиця 2.14

Напрями структурних перетворень у ресурсному циклі деревообробної галузі за ланкою лісове господарство

R-принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R1 Refuse (відмова)	Орієнтація на масову заготовку деревини без диференціації її призначення	Відмова від низьковартісної заготовки для енергетичного та експортно-сировинного використання	Скорочення діагонального коефіцієнта самоспоживання $l_{1,1}$, що вивільняє біоресурси для глибшої промислової переробки
R2 Rethink (переосмислення)	ЛГ функціонує як сировинний донор, орієнтований на максимізацію обсягів заготовки	ЛГ функціонує з урахуванням потреб переробки, відтворення лісових систем і мінімізації непрямих витрат	Скорочення розриву між $l_{1,2}$ та $a_{1,2}$ через структурну синхронізацію заготовки з потребами переробки ДПП
R3 Reduce (скорочення)	Висока матеріаломісткість заготовки	Скорочення обсягів первинної вирубки на одиницю ВДВ	Стале зниження діагонального коефіцієнта $l_{1,1}$ за незмінних або ефективніших $a_{1,2}$

Продовження табл. 2.14

R-принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R4 – Reuse (повторне використання)	Побічна деревина розглядається як відходи або паливо	Повторне використання побічної біомаси у виробництві ДПП	Зменшення $l_{1,1}$ за стабільних $a_{1,2}$, що вказує на замикання побічних матеріальних потоків
R5 – Repair (відновлення)	Обмежене, відновлення лісових масивів	Активне відновлення лісів	Стабілізація структури як прямих ($a_{1,2}$), так і повних ($l_{1,j}$) витрат у середньо- та довгостроковій перспективі
R6 – Refurbish (оновлення)	Екстенсивні технології лісозаготівлі	Технологічне оновлення лісозаготівельних процесів (GPS-навігація, селекція, тощо)	Скорочення повних енергетичних $l_{1,5}$ та транспортних $l_{1,7}$ витрат за стабільних прямих витрат за $a_{1,2}$
R7 – Remanufacture (перевиробництво)	Відсутність первинної переробки в ЛГ	Локальна первинна переробка (сортування, калібрування, підготовка тощо)	Зменшення $l_{1,2}$ через перенесення частини операцій із ДПП у ЛГ
R8 – Repurpose (перепрофілювання)	ЛГ функціонує виключно на заготівлю та реалізацію деревини як єдиного товарного продукту	Диверсифікація ЛГ шляхом залучення недревної біомаси (побічна деревина, недревні рослинні ресурси, біомаса від лісовідновлення та догляду тощо)	Зменшення концентрації повних витрат у сировинній ланці ($l_{1,1}$) за одночасного розширення структури прямих коефіцієнтів ($a_{1,1}$) поза деревинним сегментом
R9 – Recycle (рециклінг)	Мінімальна інтеграція відходів ЛГ у промислове виробництво	Посилення технологічного зв'язку з ДГ для рециклінгу побічних продуктів ЛГ	Зменшення залежності від $l_{1,2}$ за стабільного $a_{1,2}$, що означає заміщення первинної деревини вторинними ресурсами

Джерело: авторська розробка

Отже, трансформація лісової галузі в межах ресурсного циклу деревообробної галузі у 2015–2021 рр. має відбуватися через зміну структури витрат і міжгалузевих зв'язків, ключовою ознакою яких є послаблення внутрішньої замкненості лісозаготівлі, що кількісно відображається у зниженні діагонального коефіцієнта $l_{1,1}$, тобто менша частка ресурсів лісової галузі споживається всередині самої галузі, а більша – передається у суміжні ланки ресурсного циклу деревообробної галузі. Одночасно відбувається зближення коефіцієнтів прямих ($a_{1,2}$) та повних ($l_{1,2}$) витрат, що вказує на скорочення надлишкових непрямих витрат між заготівлею та переробкою, що визначає відхід від автономної лісозаготівлі та перехід синхронізованої взаємодії

між лісовою та деревообробною галузями, у межах якої структура випуску дедалі більше відповідає технологічним параметрам переробки. Розширення функціонального наповнення лісової галузі проявляється у диверсифікації каналів прямих витрат поза традиційним деревинним сегментом. Зростання ролі недеревинної біомаси та побічних продуктів означає, що частина витрат, які раніше акумулювалися у формі непродуктивних повних витрат, поступово трансформується у прямі міжгалузеві зв'язки, що знижує концентрацію витрат у сировинній ланці.

На основі аналізу коефіцієнтів прямих ($a_{\{i,j\}}$) та повних ($l_{\{i,j\}}$) витрат, а також ідентифікованої енерго-полімерної пастки виробництва, доцільно сформулювати напрями структурної трансформації для ланки виробництва деревообробної галузі від лінійної до циркулярної моделі економік (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Напрями структурних перетворень у ресурсному циклі деревообробної галузі за ланкою виробництво продуктів з деревини

R-принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R1 – Refuse (відмова)	Орієнтація на виробництво низькостандартизованої, масової продукції ДПП з високими втратами матеріалу	Відмова від випуску низькомаржинальних продуктів з високою матеріаломісткістю	Скорочення внутрішнього мультиплікатора $l_{\{2,2\}}$ за рахунок зменшення непродуктивного внутрішньогалузевого обороту
R2– Rethink (переосмислення)	ДПП функціонує як автономна переробна ланка, слабо синхронізована з ЛГ і меблевою промисловістю	ДПП як інтеграційне ядро ресурсного циклу, що координує потоки між ЛГ та меблевою промисловістю	Зближення $a_{\{1,2\}}$, $a_{\{2,9\}}$ та відповідних $l_{\{1,2\}}$, $l_{\{2,9\}}$, що знижує трансакційні витрати
R3 – Reduce (скорочення)	Висока матеріало- та енергомісткість одиниці випуску ДПП	Скорочення питомих витрат сировини й енергії на одиницю ВДВ	Зниження $l_{\{1,2\}}$ та $l_{\{5,2\}}$ при ефективних $a_{\{1,2\}}$
R4 – Reuse (повторне використання)	Побічні продукти деревообробки частково утилізуються або втрачають економічну цінність	Повторне використання відходів (стружка, тирса, обрізки) у внутрішньому або суміжному виробництві	Зменшення $l_{\{2,11\}}$ за рахунок замикання внутрішніх матеріальних потоків

Продовження табл. 2.15

R-принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R5 – Repair (відновлення)	Обмежене технічне обслуговування обладнання, орієнтація на заміну	Системне відновлення та подовження життєвого циклу обладнання	Стабілізація $a_{11,2}$ і зниження амортизаційного тиску у $l_{11,2}$
R6 – Refurbish (оновлення)	Застарілі технології обробки деревини	Модернізація технологічних ліній та цифрове управління	Скорочення енергетичного сліду $l_{2,5}$ та внутрішньої циклічності $l_{2,2}$
R7 – Remanufacture (перевиробництво)	Виробництво напівфабрикатів з обмеженою глибиною переробки	Поглиблення переробки (плити, композити, складні конструкції)	Зростання $a_{2,2}$ за одночасного скорочення $l_{2,1}$, що свідчить про підвищення внутрішньої доданої вартості
R8 – Repurpose (перепрофілювання)	Орієнтація виключно на класичні пиломатеріали	Диверсифікація продуктового портфеля (біокомпозити, пакувальні матеріали, будівельні системи)	Розширення структури $a_{2,j}$ поза традиційним деревинним сегментом при стабілізації $l_{2,2}$
R9 – Recycle (рециклінг)	Обмежена інтеграція вторинної деревини у виробництво	Використання вторинної сировини та відходів меблевої промисловості	Зниження $l_{2,2}$ за стабільного $a_{2,2}$, що означає заміщення первинної деревини вторинними потоками

Джерело: авторська розробка

Отже, трансформація виробництва деревообробної галузі має відбуватися через радикальну зміну структури технологічних зв'язків, спрямовану на подолання ролі транслятора витрат та вихід із «енерго-полімерної пастки». Ключовою ознакою цих змін є раціоналізація внутрішньої циклічності виробництва, що кількісно відображається у зменшенні мультиплікатора самоспоживання ($l_{2,2}$) на основі переходу від моделі технологічної замкненості до режиму глибокої переробки з мінімальними втратами ресурсів, енергії та доданої вартості. Розширення функціональної ролі деревообробної галузі як інтеграційного центру між лісовою галуззю та меблевою промисловістю проявляється у зближенні коефіцієнтів прямих ($a_{i,j}$) та повних ($l_{i,j}$) витрат, що дозволяє мінімізувати трансакційні розриви та забезпечити синхронізацію всього ланцюга створення вартості. Впровадження циркулярних принципів рециклінгу та переробки побічних продуктів передбачає поступове

заміщення первинної сировини вторинними потоками, що знижує матеріаломісткість випуску та дозволяє галузі відновити інвестиційну привабливість і здатність до генерації власної ВДВ.

Обґрунтування напрямів структурної трансформації меблевої промисловості спрямоване на акумуляції системної вартості та управління життєвим циклом виробів кінцевої ланки ресурсного циклу деревообробної галузі (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

Напрями структурних перетворень у ресурсному циклі деревообробної галузі за ланкою меблева промисловість

R–принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R1 – Refuse (відмова)	Використання низькоякісних деревостружкових плит із високим вмістом токсичних смол.	Відмова від несертифікованих та екологічно небезпечних матеріалів на користь біокомпозитів.	Скорочення повного сліду ЛГ ($l_{\{1,9\}}$) за рахунок відмови від низькоякісної деревини
R2 – Rethink (переосмислення)	Меблева галузь як проста ланка складання продукції з деревообробки.	Перетворення меблевої промисловості на вузол акумуляції системної вартості та управління життєвим циклом виробів.	Зростання мультиплікатора ВДВ, Контрольоване зростання $l_{\{2,9\}}$ за одночасного стримування $l_{\{9,9\}}$
R3 – Reduce (скорочення)	Зростання енергетичного та логістичного тиску на одиницю готового виробу.	Мінімізація питомих витрат енергії та оптимізація маршрутів дистрибуції.	Нівелювання зростання повних витрат на енергію ($l_{\{5,9\}}$) та транспорт ($l_{\{7,9\}}$),
R4 – Reuse (повторне використання)	Меблі проєктуються як цілісні вироби з обмеженою можливістю розбирання	Модульне проєктування меблі так, щоб окремі елементи було легко демонтувати та замінити без пошкодження конструкції	Зменшення повторних внутрішніх виробничих циклів і стримування зростання $l_{\{9,9\}}$ за стабільних або знижених $a_{\{2,9\}}$
R5 – Repair (відновлення)	Орієнтація на випуск продукції з обмеженим терміном служби без можливості ремонту.	Проєктування меблів із високим рівнем ремонтпридатності та замінами модулями.	Трансформація внутрішньої циклічності ($l_{\{9,9\}}$) у сервісну складову формування мультиплікатора ВДВ.
R6 – Refurbish (оновлення)	Швидке моральне старіння меблів	Промислове відновлення та модернізація старих меблевих систем.	Стимування зростання $l_{\{9,9\}}$ за рахунок зменшення повторних внутрішніх циклів

Продовження табл. 2.16

R-принцип	Лінійна модель	Циркулярна модель	Фокус змін через $a_{i,j}$ та $l_{i,j}$
R7 – Remanufacture (перевиробництво)	Утилізація старих конструкцій із втратою матеріальної цінності.	Використання існуючих каркасів для створення оновлених лінійок продукції.	Скорочення внутрішніх повних витрат $l_{\{9,9\}}$ та зниження прямих енерго- й матеріаломістких складових ($a_{\{5,9\}}$, $a_{\{2,9\}}$) на одиницю створеної ВДВ
R8 – Repurpose (перепрофілювання)	Побічні продукти меблевого виробництва розглядаються як відходи.	Використання обрізків та відходів меблів для створення нових предметів інтер'єру або декору.	Оптимізація супутніх зв'язків ($l_{\{11,9\}}$)
R9 – Recycle (рециклінг)	Складна утилізація через неможливість розділення композитів.	Створення конструкцій, що підлягають розбиранню та рециклінгу мономатеріалів.	Подолання «полімерної пастки» ($l_{\{4,9\}}$)

Джерело: авторська розробка

Отже, розвиток меблевої промисловості в межах ресурсного циклу деревообробної галузі потребує переходу від простого складання виробів до управління їхнім життєвим циклом продуктів. Ключовою ознакою цих змін є перетворення внутрішньої циклічності галузі ($l_{\{9,9\}}$) у сервісну складову формування мультиплікатора ВДВ через модульність та ремонтпридатність. Одночасно стратегічним пріоритетом стає посилення інтеграції з переробною ланкою ($l_{\{2,9\}}$) за умови контрольованого використання ресурсів, що дозволяє нівелювати інфраструктурний тиск з боку енергетики ($l_{\{5,9\}}$) та транспорту ($l_{\{7,9\}}$). Особлива увага має приділятися подоланню «полімерної пастки» ($l_{\{4,9\}}$), де впровадження принципів рециклінгу та відмови від несертифікованих композитів забезпечує екологічну чистоту ланцюга та знижує сировинну місткість. Впровадження моделей промислового відновлення та вторинного використання компонентів дозволяє галузі трансформувати їх у стійкі джерела доходів, забезпечуючи найвищу здатність до мультиплікації ВДВ у межах усього ресурсного циклу деревообробної галузі.

Висновки до розділу 2

1. Розроблено структурно-логічну схему оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності, яка поєднує такі елементи: ресурси, матеріали, первинну переробку деревини, вторинну переробку деревини, енергетичне використання біомаси.

2. Рівень лісистості України – 17,4 %, що є нижчим за середньоєвропейський (який становить близько 35 – 40%). Україна має обмежені первинні лісові ресурси порівняно, наприклад, з Фінляндією, Швецією чи Польщею. Відносно низька лісистість України робить впровадження каскадної циркулярності життєвою необхідністю для забезпечення вітчизняної деревообробної промисловості ресурсами.

3. Незважаючи на війну, країна підтримує відносно високий темп відновлення лісів порівняно з більшістю досліджених країн.

4. Аналіз показав, що структура використання деревини в Україні залишається переважно сировинно-енергетичною: понад половину всієї заготовленої деревини (54,5 %, 6-те місце серед 36 досліджуваних країн світу) використовується як паливо, що спричиняє значну втрату потенційної доданої вартості на нижчих етапах каскаду.

5. На етапі первинної переробки деревини Україна демонструє досить сильні позиції, входячи до першої десятки досліджуваних країн за показниками частки пиловника і фанерного кряжу (8-ме місце серед 36 країн світу), частки пиломатеріалів (7-ме місце) та частки шпону (3-тє місце), що свідчить про розвинений сегмент первинної механічної обробки. Також Україна займає відносно сильні позиції за показниками частки фанери (12-те місце) та частки OSB (11-те місце) у структурі деревних плит. Низькі значення частки балансової деревини (34-те місце) та частки тріски і стружки (27-ме місце) значною мірою зумовлені недостатнім розвитком целюлозно-паперової промисловості в країні.

6. В Україні фактично не здійснюється вторинне використання

деревини, а за показником частки деревоволокнистих плит країна посідає 27-ме місце. Відносно високий рівень серед досліджуваних країн Україна займає за показником частки деревостружкових плит (12-те місце) у структурі деревних плит, що свідчить про досить високий рівень переробки матеріалів, які надходять із вищих етапів каскаду. Однак для досягнення високого рівня розвитку вторинної переробки Україна має розвивати інфраструктуру вторинного збору та переробки деревини, яка в країні практично відсутня.

7. У сфері енергетичного використання деревини Україна є лідером серед досліджуваних країн за показником частки деревних брикетів та інших агломератів, а також займає середні позиції за показниками частки деревного вугілля та деревних пелет. Досить високий загальний рівень показників енергетичного використання деревини в країні свідчить про активну переробку залишків виробництва, але переважно з використанням простих технологічних способів.

8. Загалом можна стверджувати, що деревообробна галузь України має досить високий рівень показників, що характеризують початок каскадного використання деревини, проте має низький рівень показників етапу вторинної переробки. Перехід деревообробної галузі України до повноцінної каскадної моделі потребує структурного збалансування та підвищення ефективності використання ресурсів, зокрема шляхом збільшення частки матеріального використання, поглиблення переробки та підвищення частки залучення вторинних ресурсів у виробництво.

9. Отримав подальшого розвитку методичний підхід до інтегральної оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу, який передбачає її проведення за такими складовими: сталість ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси, що дозволяє визначити диспропорції між матеріальними та енергетичними каскадами в деревообробній галузі.

10. Здійснено інтегральну оцінку рівня каскадності деревообробної

галузі України та країн світу. Україна зі значенням інтегрального показника 0,2870 посіла 24-те місце серед 36 досліджуваних країн та увійшла до групи країн із низьким рівнем каскадності деревообробної галузі. Найкращі позиції Україна мала за компонентою «Енергетичне використання біомаси» (16-те місце), та низькі позиції – «Сталість ресурсної бази» (22-ге місце), «Ефективність первинної переробки» (29-те місце) та «Використання вторинної та рекуперованої сировини» (28-ме місце).

11. Розроблено методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України, що поєднує міжгалузеве моделювання, матричний аналіз прямих і повних витрат та операціоналізацію R–принципів циркулярної економіки, забезпечуючи кількісну верифікацію переходу від лінійних, витратних моделей до структурно стійких циркулярних бізнес-моделей.

12. Методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України передбачає моделювання структури та потоків ресурсного циклу, який спрямований на кількісну ідентифікацію структури та динаміки вартісних потоків, що формують сучасний стан і траєкторію розвитку ресурсних секторів економіки України; матричне моделювання міжгалузевих зв'язків ресурсного циклу; обґрунтування напрямів структурних перетворень на основі R-принципів, тобто на формування цільової моделі ресурсного циклу, здатної забезпечити структурний розрив між зростанням валового випуску та акумуляцією системних неефективностей. На відміну від попередніх етапів, що мають діагностичний характер, цей етап є синтетичним і проєктним, оскільки поєднує результати міжгалузевого аналізу з інструментами циркулярної економіки та дозволяє перейти до обґрунтування конкретних напрямів структурних перетворень.

13. Визначено напрями структурних перетворень у ресурсному циклі деревообробної галузі за ланками: лісова галузь, виробництво виробів з деревини, меблева промисловість.

Результати авторських напрацювань відображено у наукових публікаціях [35–38]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Campbell-Johnston K., Vermeulen W. J. V., Reike D., Brullot S. The Circular Economy and Cascading: Towards a Framework. *Resources, Conservation & Recycling: X*. 2020. Vol. 7.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100038>
2. Keegan D., Kretschmer B., Elbersen B., Panoutsou C. Cascading use: a systematic approach to biomass beyond the energy sector // Wiley Online Library. URL: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bbb.1351>
3. Kalverkamp M., Pehlken A., Wuest T. Cascade Use and the Management of Product Lifecycles. *Sustainability*. 2017. Vol. 9. No. 9.
DOI: <https://doi.org/10.3390/su9091540>
4. Vis M., Mantau U., Allen B. (eds). Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels : 2016. 337 p.
5. Деревообробна промисловість України та країн світу: стан, проблеми і перспективи розвитку : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. О. Губаревої. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2021. 272 с.
6. Hubarieva I. O., Poliakova O. Y., Shlykova V. O., Kostenko D. M., Buka S. Development and Increasing the Value Added Scenarios for the Woodworking Industry of Ukraine in the Context of the Circular Economy. In: Semenov A., Yepifanova I., Kajanová J. (eds). *Data-Centric Business and Applications*. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2024. Vol. 194. P. 245–268.
7. Kromoser B., Reichenbach S., Hellmayr R., Myna R., Wimmer R. Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable

walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data. *Construction and Building Materials*. 2022. Vol. 344.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128219>

8. Ilyash O., Chernousova Zh., Fartushnyi I., Sachenko A. Causal-econometric modelling of the relationships between gross value added and production factors in the development of Ukraine's manufacturing. *Economic Analysis*. 2025. Vol. 35. No. 1. P. 38–48.

DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.01.038>

9. Global Forest Resources Assessment 2025 // Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2025>

10. Forestry Production and Trade // FAO. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>

11. Forest Stewardship Council // FSC Ukraine. URL: <https://ua.fsc.org/ua-uk>

12. Rybicka J., Tivari A., Leeke G. A. Technology readiness level assessment of composites recycling technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.104>

13. Arora M., Raspall F., Cheah L., Silva A. Residential building material stocks and component-level circularity: The case of Singapore. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 216.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.199>

14. Arafat S., Kumar N., Wasiuddin N. M., Owhe E. O., Lynam J. G. Sustainable lignin to enhance asphalt binder oxidative aging properties and mix properties. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 217.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.238>

15. Demirbas A. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Conversion and Management*. 2008. Vol. 49. No. 8.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.02.020>

16. Mosier N., Wyman C., Dale B., Holtzapple M., Ladisch M. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 2005. Vol. 96. No. 6.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.06.025>

17. Sun Y., Cheng J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*. 2002. Vol. 83. No. 1.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)

18. Channiwala S. A., Parkin P. P. A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. *Fuel*. 2002. Vol. 81. No. 8.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(01\)00131-4](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(01)00131-4)

19. Vis M., Mantau U., Allen B. (eds). Study on the optimised cascading use of wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689. Final report. Brussels : 2016. 337 p.

20. Bais-Moleman A., Sikkema R., Vis M., Reumerman P., Theurl M., Erb K.-H. Assessing wood use efficiency and greenhouse gas emissions of wood product cascading in the European Union. *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 172. P. 3942–3954.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.153>

21. Parobek J., Paluš H., Moravčík M., Kovalčík M., Dzian M. Utilisation and quantification of wood by-products from primary wood processing. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*. 2024. Vol. 66. No. 2. P. 125–136. URL: <https://ojs.tuzvo.sk/index.php/AFXZ/article/view/129/92>

22. Mantau U. Wood flow analysis: Quantification of resource potentials, cascades and carbon effects. *Biomass and Bioenergy*. 2015. Vol. 79. P. 28–38.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.08.013>

23. Mena-Reyes J., Vergara F., Linfati R., Escobar J. Quantitative Techniques for Sustainable Decision Making in Forest-to-Lumber Supply Chain: A Systematic Review. *Forests*. 2024. Vol. 15. No. 2.

DOI: <https://doi.org/10.3390/f15020297>

24. Husgafvel R., Sakaguchi D. Circular Economy Development in the Wood Construction Sector in Finland. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. No. 10.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su15107871>

25. Risse M., Weber-Blaschke G., Richter K. Resource efficiency of multifunctional wood cascade chains using LCA and exergy analysis, exemplified by a case study for Germany. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. Vol. 126. P. 141–152.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.045>

26. SDG Indicators // United Nations. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>

27. Program for the Endorsement of Forest Certification // PEFC. URL: <https://www.pefc.org/>

28. The Cascading Principle: Considerations on guidance and options for applying the Cascading Principle through SBP Standards // SBP. URL: https://sbpcert.org/wp-content/uploads/2024/11/SBP_Cascading_Principle_Final_27Nov24.pdf

29. Малярець Л. М. Вимірювання ознак об'єктів в економіці: методологія і практика. Харків : Вид. ХНЕУ, 2006. 384 с.

31. TIBCO Statistica User's Guide // TIBCO. URL: <https://docs.tibco.com/pub/stat/14.0.0/doc/html/UsersGuide/GUID-00789290-B1F0-43C1-832C-217A4EB30739.html>

32. Таблиця «витрати–випуск» за 2015 рік (в цінах споживачів). Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/vvp/vitr_vip/vitr_u/arh_vitr_u.html

33. Таблиця «витрати–випуск» за 2017 рік (в цінах споживачів). Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2006/vvp/vitr_vip/vitr_u/arh_vitr_u.html

34. Таблиця «витрати–випуск» за 2021 рік (в цінах споживачів). Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/vvp/kvartal_new/tvv_cs/vitr_vip_cs21xl UE.xlsx

35. Гриценко Л. Л., Кожушко І. О., Чепурко В. О., Перепеліцин Г. Б. Ризик-орієнтоване управління в системі економічної безпеки корпоративного підприємства. *Бізнес Інформ*. 2023. № 8. С. 281–288.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-281-288>

36. Губарєва І. О., Колбасін Є. С., Філатова Т. А., Юденко Є. В., Перепеліцин Г. Б. Ідентифікація кластерів лісопромислового комплексу в регіонах України. *Бізнес Інформ*. 2024. № 11. С. 140–154.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-11-140-154>

37. Перепеліцин Г. Б. Оцінка рівня каскадного використання деревини в Україні та країнах світу. *Бізнес Інформ*. 2026. № 2. С. 167–178.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-2-167-178>

38. Колбасін Є. С., Перепеліцин Г. Б. Кластеризація лісопромислового комплексу в регіонах України // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (22 листоп. 2024 р.). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2024. С. 304–307.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

3.1. Шляхи підвищення ефективності використання відходів з деревини

Деревина є важливим джерелом енергії, а також сировиною для виготовлення інструментів, посуду, меблів, житла та будівельних матеріалів. Сучасним трендом у світі є запобігання виснаженню та знищенню лісів, впровадження принципів сталого лісового господарства, а також орієнтація деревообробної галузі на ресурсозбереження та циркулярність.

Законом України «Про управління відходами» [1] визначено основні цілі та принципи державної політики у сфері запобігання утворенню та управління відходами, застосовано європейський підхід до класифікації відходів, введено п'ятиступеневу ієрархію управління відходами, яка включає: запобігання утворенню відходів, підготовку відходів до повторного використання, рециклінг, відновлення відходів (у тому числі виробництво енергії), видалення відходів.

Утворення відходів в Україні за 2005–2020 рр. демонструє зростаючу тенденцію. У 2020 р. утворено 462,4 млн т відходів, що на 100,2 % більше, ніж у 2005 р.

Основним джерелом утворення відходів в 2020 р. стала добувна промисловість і розроблення кар'єрів, утворивши 391,1 млн т відходів, що становить 84,6 % всіх відходів, а переробна промисловість посіла 2-ге місце – 52,3 млн т (11,3 %) (Додаток Б).

У деревообробній галузі утворюються різні види відходів, побічних продуктів, отриманих на різних етапах виробничого ланцюга: кускові (відходи меблевого виробництва, піддони, рейки), обрізки, вирізки, стружка, відсів тріски технологічної, залишки кори, тирсу та інші.

Відходи деревообробної галузі, відповідно до каскадного використання деревини, можуть бути сировиною для виробництва пелет, біомаси, деревних плит, біопалива тощо.

Використання різних компонентів деревини (целюлози, геміцелюлози та лігніну) може замінити багато матеріалів на нафтовій основі. Незважаючи на це, найбільш поширеним способом утилізації деревних відходів в Україні залишається спалювання.

Про актуальність проблеми переробки відходів деревини свідчать публікаційна активність і цитування статей за цим напрямом досліджень у Scopus.

Для ідентифікації ключових наукових трендів здійснено бібліометричний аналіз публікацій у базі Scopus за запитом «Wood Waste» AND (Economic Sectors OR Circular Business Models). За період 1996–2026 рр. виявлено 840 документів, з яких після обмеження типу джерел до наукових статей сформовано вибірку з 552 публікацій.

Динаміка публікацій свідчить про різке зростання наукового інтересу до тематики переробки деревних відходів після 2019 р., що корелює з активізацією політик ЄС у сфері циркулярної економіки та сталого розвитку.

Аналіз публікацій дозволив виділити етапи розвитку досліджень у сфері переробки деревних відходів: до 2010 року – поодинокі дослідження, фокус на деревинній біомасі; 2011–2017 рр. – формування концепту циркулярної економіки, 2018–2020 рр. – акцент на бізнес-моделях і споживанні, 2021–2024 рр. – поглиблення переробки деревних відходів, 2025–2026 – домінування міжгалузевих досліджень: впровадження інновацій, використання деревини як екологічного будівельного матеріалу, цифрові трансформації при переході до циркулярних бізнес-моделей, стійка біоенергетика.

У табл. 3.1 наведено узагальнені бібліометричні характеристики публікацій, що проіндексовані в Scopus у сфері переробки деревних відходів та циркулярних бізнес-моделей.

Таблиця 3.1

Узагальнені бібліометричні характеристики та лідери досліджень

Показник	Лідери/значення (за Scopus вибірково)
Провідні країни за кількістю публікацій	Китай (98), Індія (85), Велика Британія (84), США (80), Італія (57)
Провідні організації	Ministry of Education of the People's Republic of China (11), Universitas Diponegoro (11), Universidade de São Paulo (9), Imperial College London (9), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (8)
Фінансуючі організації	National Natural Science Foundation of China (29), European Commission (25), Horizon 2020 Framework Programme (20), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (19), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (19)
Найпродуктивніші журнали	Sustainability Switzerland (58), Journal of Cleaner Production (30), Energies (24), Biomass Conversion and Biorefinery (21), Renewable and Sustainable Energy Reviews (16)
Галузі знань	Екологія (440), інженерія (310), енергетика (282), соціальні науки (151), бізнес, менеджмент та облік (101)
Найпродуктивніші автори	Pantaleo A. M. (7), Caporeale S. M. (5), Fortunato B. (5), Hartini S. (5), Osman A. I. (5)
Найбільш вживані ключові слова	Циркулярна економіка (219), сталий розвиток (176), сталість (136), біомаса (116), управління відходами (109)

Джерело: сформовано автором за даними Scopus

Узагальнені бібліометричні характеристики публікацій (табл. 3.1) свідчать, що дослідження переробки деревних відходів та формування циркулярних бізнес-моделей мають міждисциплінарний характер і концентруються на перетині екологічних наук, енергетики, інженерії та бізнес-управлінні. Провідними країнами за кількістю публікацій є Китай, Індія, Велика Британія. Проблеми переробки деревних відходів активно досліджуються установами Китаю, Індонезії, Бразилії. Найбільш вживаними ключовими словами у публікаціях є: циркулярна економіка, сталий розвиток, сталість, біомаса, управління відходами, які найбільш точно відображають драйвери досліджень з цієї проблематики.

Як видно з рис. 3.1, переробка відходів з деревини та формування циркулярних бізнес-моделей знаходяться на перетині кількох тематичних підсистем. У центрі карти розташовані найбільші вузли: деревина, біомаса, відходи, сталий розвиток, енергетика, життєвий цикл. Блок сталого розвитку (червоний) охоплює публікації, зосереджені на переробці відходів і життєвому циклі виробів з деревини. Інші сектори карти (синій та зелений) пов'язані з енергетичним використанням деревини: біовугілля, біомаса.

Деревина та продукти її переробки є найбільш поширеними видами палива з біомаси. Деревні ресурси досить швидко, порівняно з корисними копалинами, відновлюються, і в країнах з достатнім лісовим фондом вони можуть замінювати традиційні джерела енергії.

Перевагою деревного палива є його екологічність: вуглецева нейтральність, використання відходів, відсутність шкідливих добавок. Лісовий сектор економіки має значний потенціал відходів деревини, який може бути використаний в енергетичних цілях, що є чинником енергетичної та екологічної безпеки.

Про актуальність питань використання деревини як джерела енергії свідчать публікаційна активність і цитування статей за цим напрямом досліджень у Scopus. Так, у базі Scopus в галузі знань «Енергетика» проіндексовано публікацій назви, анотації та ключові слова яких містять терміни «Biomass» – 69425 публікацій, «Biofuel» – 27580 публікацій, «Bioenergy» – 9153 публікацій, «Forestry» – 9591 публікація, «Wood Fuel» – 4981 публікація, «Wood Waste» – 3338 публікацій.

Найбільш цитовані статті, що проіндексовані у Scopus, з проблем використання деревини як джерела енергії присвячені: використанню біомаси для задоволення різноманітних енергетичних потреб (Demirbas A. [8] – 1657 посилань); піролізу біомаси (Evans R. J., Milne T. A. (1987) [7] – 835 посилань), проблемі торрефікації біомаси з соснової тріски та відходів лісозаготівлі для отримання енергетично щільного та стабільно якісного твердого палива з

біомаси для спалювання, яке за паливними характеристиками наближене до вугілля (Phanphanich M., Mani S. (2011) [10] – 781 посилань), вирішенню проблеми сталого та економічно ефективного використання лігноцелюлозної біомаси (Zavrel, M та ін. (2009) [9] – 663 посилання), проблемі відкладення золи в електрокотлах, що працюють на біомасі, та визначенню властивостей видів палива, таких як: соломи і трави; шкарлупи, лушпіння та інших побічних продуктів сільського господарства; деревини і вторинного палива (Baxter L. та інш (1998) [11] – 597 посилань).

Метою дослідження є визначення напрямів підвищення використання деревини як джерела енергії в Україні.

Для реалізації поставленої мети запропоновано організаційний підхід, який складається з послідовності таких етапів: оцінки стану світового лісового господарства країн світу; визначення ступеня використання енергетичного потенціалу деревини у світі та Україні; розробки сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

На рис. 3.1 наведено матрицю позиціонування України та країн світу в площині координат «Площа лісів – лісистість території» (Додаток Б).

Як видно з рис. 3.2, найбільша кількість країн – 16 з 36 досліджуваних (44,4% від загальної кількості) мають середній рівень лісистості та невелику площу лісів. До цієї групи увійшли такі країни, як: Австрія, Болгарія, Чехія, Естонія, Франція, Туреччина (квадрант 8). Другу за чисельністю групу (квадрант 9) формують такі країни: Австралія, Бельгія, Китай, Велика Британія, які характеризуються низьким рівнем лісистості та невеликою площею лісів.

Серед досліджуваних країн світу відрізняються Бразилія, Канада та США, які мають середній рівень лісистості та велику, середню та низьку площу лісів відповідно. Україна увійшла до групи країн із низьким рівнем лісистості та невеликою площею лісів (квадрант 9).

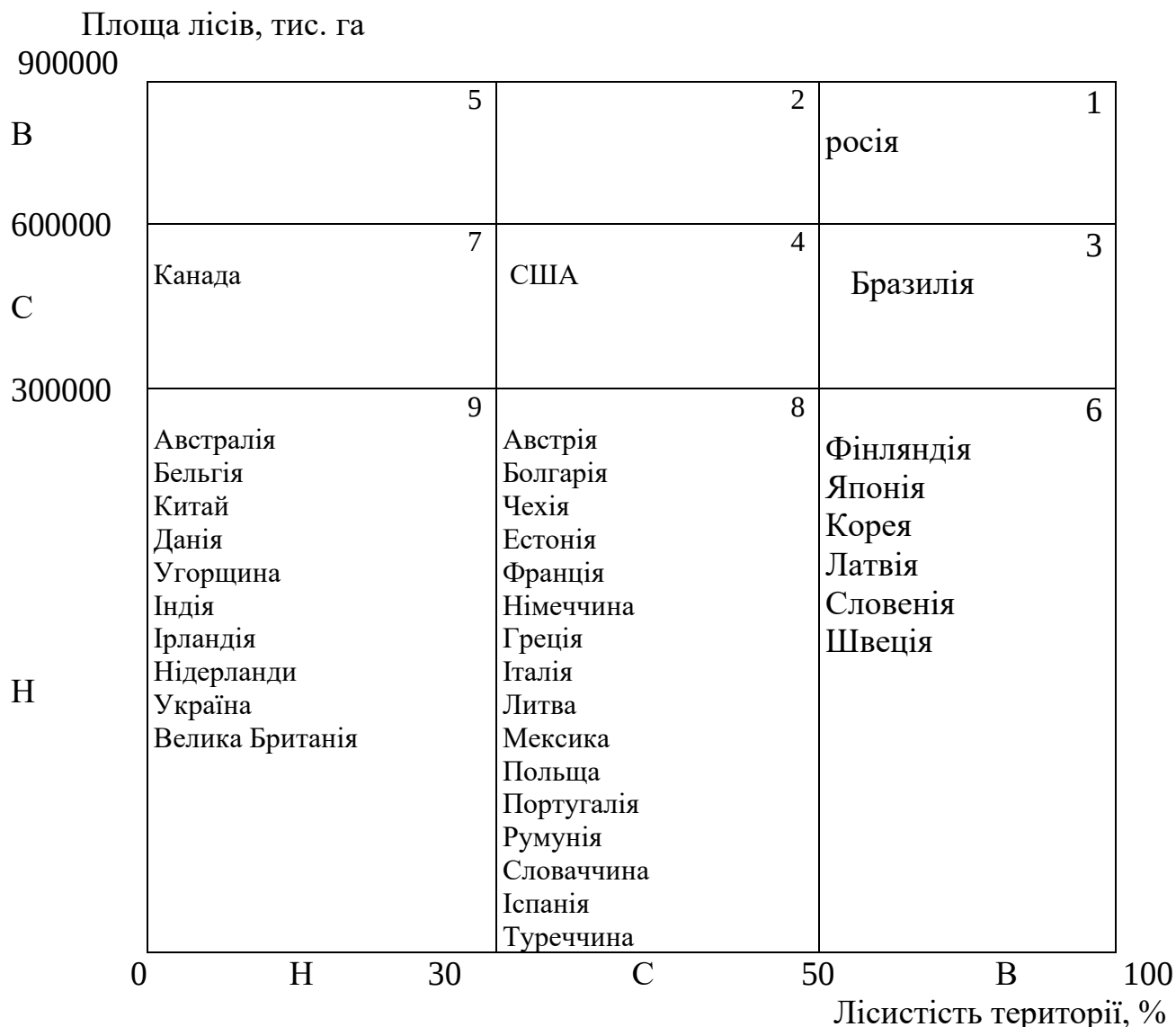


Рис. 3.2. Матриця позиціонування України та країн світу в площині координат «Площа лісів – лісистість території»

Джерело: сформовано автором за [12; 13]

При аналізі стану лісозаготівлі в країнах світу в першу чергу необхідно оцінити обсяги заготівлі деревини та їх структуру. На рис. 3.3 наведено розподіл країн світу за обсягом заготовленої деревини у 2023 р.

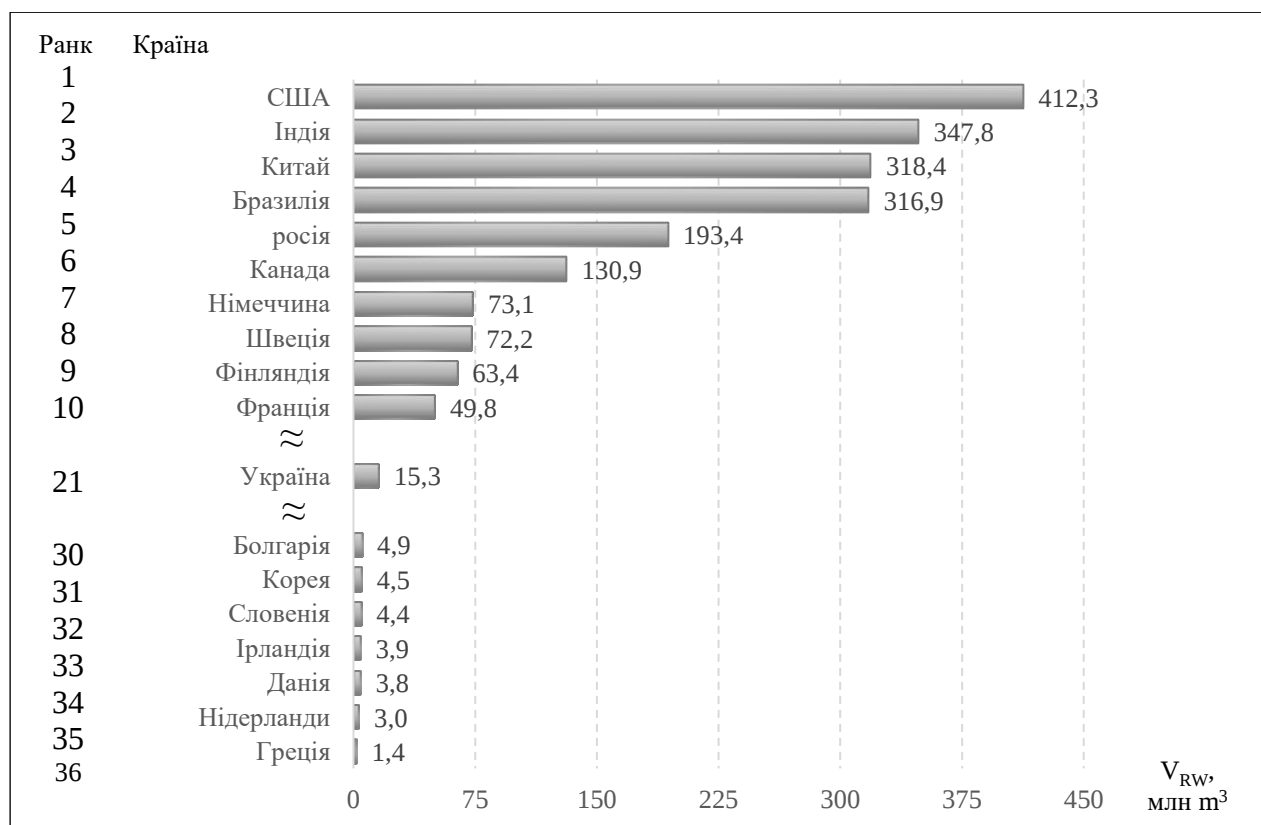


Рис. 3.3. Діаграма розподілу України та країн світу за обсягом заготівлі деревини у 2023 р.

Джерело: укладено автором за даними [12; 13]

Як видно з рис. 3.3, країнами-лідерами у 2023 р. за обсягами заготівлі деревини є: США – 412,3 млн куб. м, Індія – 347,8 млн куб. м, Китай – 318,4 млн куб. м. Обсяг заготівлі деревини в Україні у 2023 р. склав 15,3 млн куб. м (21-ше місце серед 36 країн світу). До групи країн із низьким обсягом заготівлі деревини належать: Данія – 3,8 млн куб. м, Нідерланди – 3,0 млн куб. м, Греція – 1,4 млн куб. м.

Протягом останніх десяти років середньорічний темп зростання обсягів заготівлі деревини в світі становив 0,4%, а серед досліджуваних країн – 0,86%; найвищі середньорічні темпи зростання спостерігалися у Нідерландах – 10,38%, Японії – 4,79 %, Латвії – 3,58%, Ірландії – 3,58% та Туреччині – 2,88%. В Україні спостерігалася тенденція до зниження обсягів заготівлі деревини, причому середньорічний темп зниження становив 1,65%.

Найбільшу частку паливної деревини в обсязі заготівлі деревини серед досліджуваних країн світу в 2023 р. мали Індія – 85,66%, Мексика – 80,00%, Нідерланди – 79,34%, Італія – 77,11%, Греція – 69,67% та Україна – 56,46%. Низька частка паливної деревини в обсязі заготівлі деревини була у таких країнах, як: Канада – 1,12%, Ірландія – 7,29%, Словаччина – 7,46%, росія – 7,81% та Швеція – 8,31% (рис. 3.4).

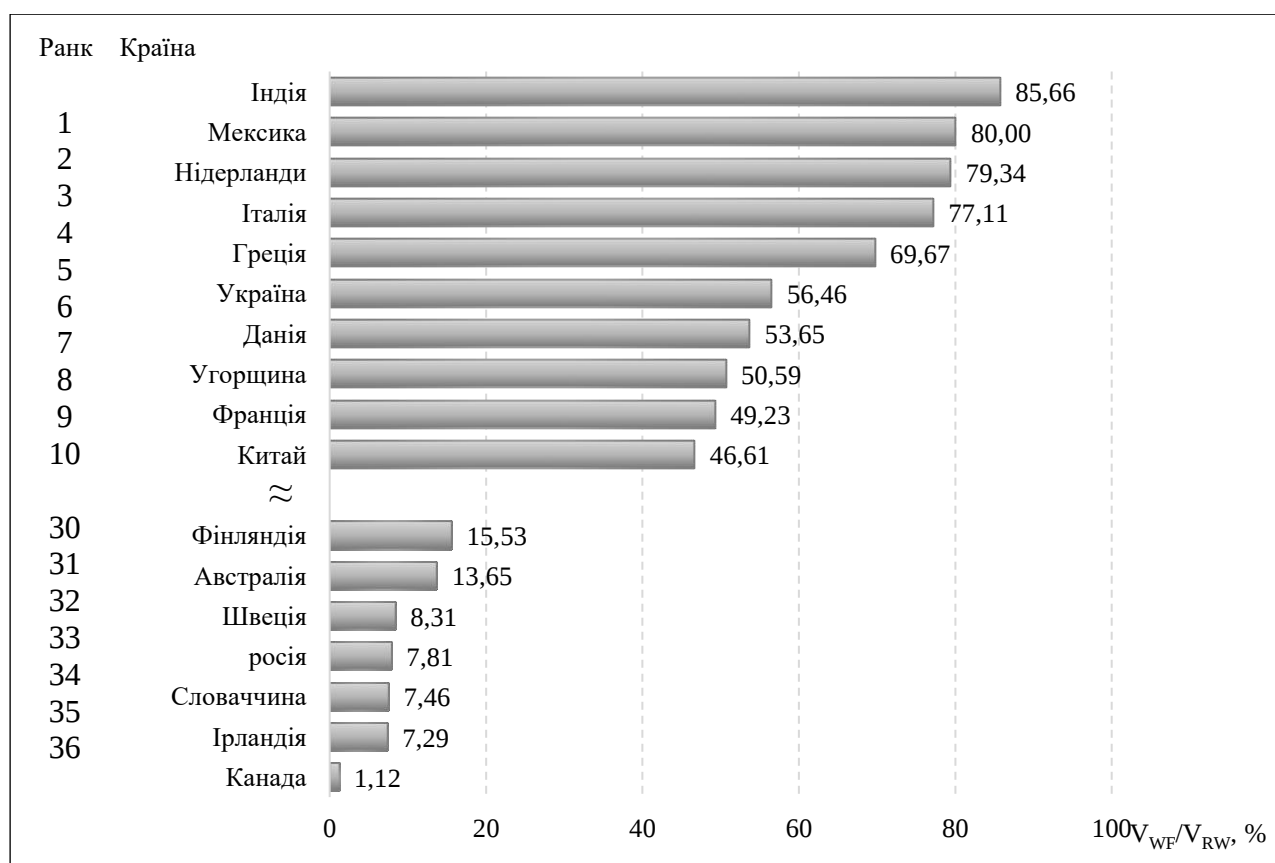


Рис. 3.4. Діаграма розподілу України та країн світу за часткою паливної деревини (V_{WF}) в обсязі заготівлі деревини (V_{RW}) в 2023 р.

Джерело: укладено автором за даними [12; 13]

У період з 2013 р. по 2023 р. у світі спостерігалася незначна тенденція до зниження частки паливної деревини в обсязі заготівлі деревини, а серед досліджуваних країн відбувалася тенденція до зростання – 2,54%, найвищі середньорічні темпи зростання спостерігалися у Японії – 57,01%, Португалії – 12,31%, Нідерландах – 11,73%, Латвії – 8,11% та Кореї – 7,35%. В Україні за

період, що аналізувався, спостерігалася слабка тенденція до зростання частки паливної деревини в обсязі заготівлі деревини; середньорічний темп зростання становив 0,26%.

Паливні брикети, пелети та інші агломерати, сировиною для яких є деревина (відходи лісозаготівлі, лісопиляння та деревооброблення) і будь-які відходи органічного походження (лушпиння соняшнику, солома, очерет та ін.), є найтехнологічнішими видами твердого біопалива. До переваг паливних брикетів, пелетів, агломератів з деревних відходів слід виділити: екологічність, доступність, низький вміст золи, шкідливих речовин, відновлення вихідної сировини і можливість вторинного використання відходів (зола як добриво) [14; 15].

За обсягом заготівлі деревних пелет лідерами серед досліджуваних країн світу в 2023 р. були США – 9,8 млн. т, Латвія – 2,0 млн т, Франція – 2,3 млн т, Канада – 3,5 млн т та Німеччина – 3,7 млн т. За цим показником із рівнем 0,5 млн т Україна посідала 19-те місце серед 36 досліджуваних країн світу (рис. 3.5).

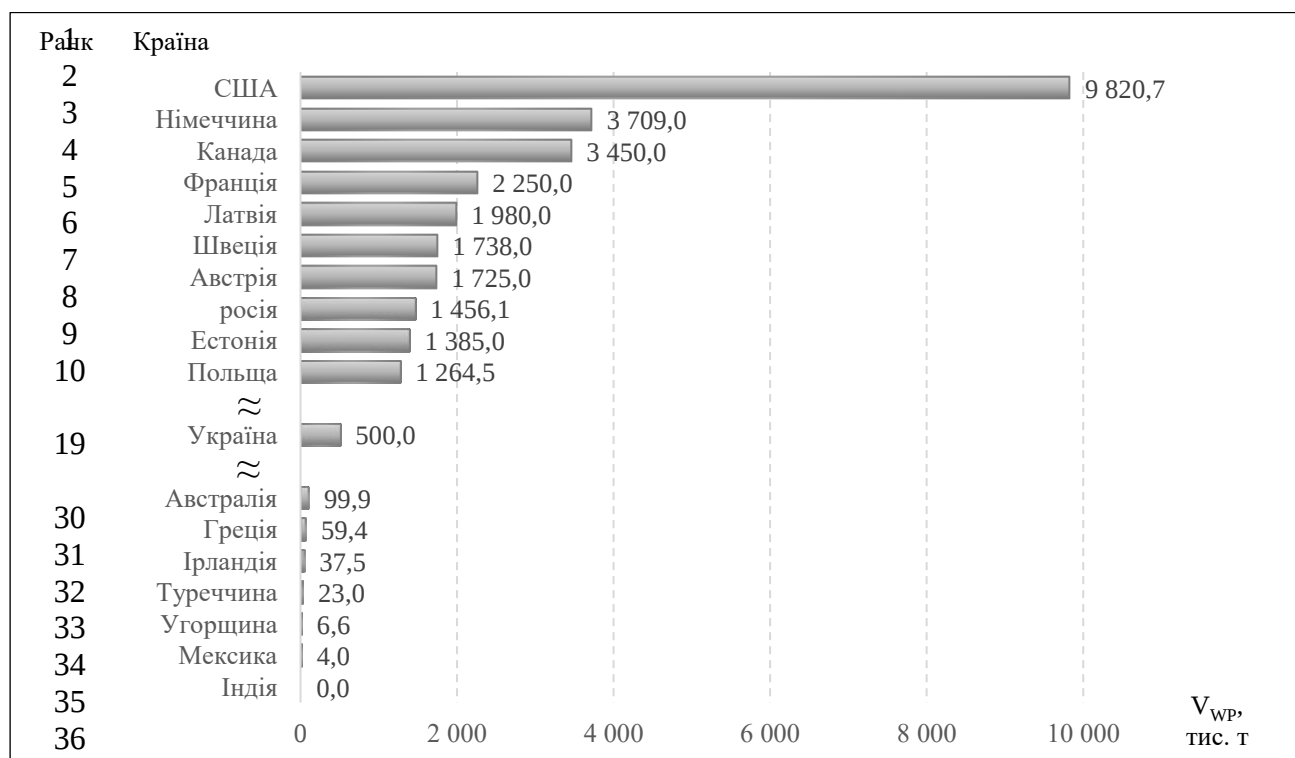


Рис. 3.5. Діаграма розподілу України та країн світу за обсягом вироблення деревних пелет у 2023 р.

Джерело: укладено автором за даними [12; 13]

Протягом аналізованого періоду середньорічний темп зростання вироблення деревних пелет у світі становив 8,27%, а серед досліджуваних країн – 8,77%; найвищі середньорічні темпи зростання вироблення деревних пелет спостерігалися в Австралії – 47,86%, Кореї – 47,27%, Бразилії – 27,43%, Китаї – 15,88% та Словаччині – 12,18%.

В Україні у 2013–2023 рр. спостерігалася тенденція до зростання обсягів вироблення деревних пелет, причому середньорічний темп зростання становив 9,06%.

За обсягом вироблення деревних брикетів та інших агломератів лідерами серед досліджуваних країн світу в 2023 р. були Німеччина – 664,2 тис. т, Україна – 551,5 тис. т, Бразилія – 221,0 тис. т, Латвія – 190,0 тис. т та росія – 180,1 тис. т (рис. 3.6).

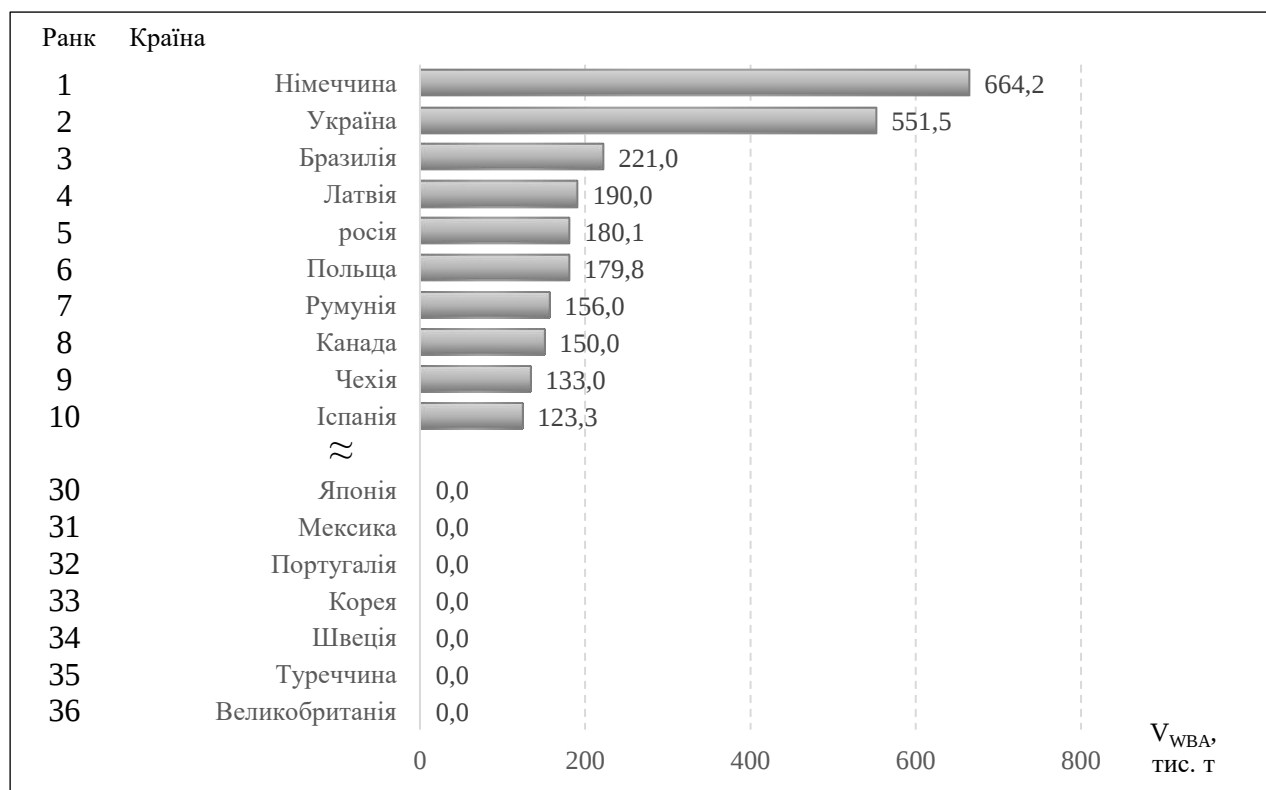


Рис. 3.6. Діаграма розподілу України та країн світу за обсягом вироблення деревних брикетів у 2023 р.

Джерело: укладено автором за даними [12; 13]

У період з 2013 р. по 2023 р. у світі спостерігалася тенденція до зростання обсягу вироблення деревних брикетів та інших агломератів, причому середньорічний темп приросту становив 1,37%, а серед досліджуваних країн відбувалася тенденція до зниження – 4,78%, найвищі середньорічні темпи зростання спостерігалися у Болгарії – 25,89%, США – 20,08%, Іспанії – 19,94%, Україні – 19,88 та Угорщині – 18,69%.

Проведене дослідження показало, що у період 2013–2023 рр. світове лісове господарство мало стійку, але нерівномірну динаміку використання енергетичного потенціалу деревини. Так, світова тенденція до зниження лісистості (-0,12% щорічно) контрастувала з незначним зростанням лісистості в досліджуваних країнах світу (+0,15%) та Україні (+0,10%), що сприяло стабільності сировинної бази.

В аналізованому періоді глобальні заготівлі деревини зростали (+0,4% щорічно), однак в Україні обсяги знижувалися (-1,65%), що може вказувати на зменшення обсягів лісозаготівлі в країні. Частка паливної деревини у світі незначно знижувалася (-0,07% щорічно), але в Україні та досліджуваних країнах світу зростала (+0,26% та +2,54%), що може свідчити про підвищений попит на деревне паливо як джерело енергії.

Вироблення деревних пелет (щорічний приріст +9,06% в Україні, та +8,27% у світі) й деревних брикетів та інших агломератів (щорічний приріст +19,88% в Україні та +1,37% у світі) може свідчити про інтенсифікацію використання енергетичного потенціалу деревини в світі та Україні, зумовлену екологічними та економічними факторами.

Таким чином, проведене дослідження показало, що в Україні необхідно інтенсифікувати переробку деревних відходів на найнижчому (енергетичному) каскаді, що дозволить забезпечити енергетичну безпеку та децентралізацію генерації, а також зменшити обсяги деревних відходів, що утилізуються на звалищах.

Для формування сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні було побудовано відповідні регресійні моделі. У

табл. 3.2 показано результати побудови регресійної моделі обсягів сумарного виробництва деревних пелет, брикетів та інших агломератів.

Таблиця 3.2

Результати побудови моделі виробництва деревних агломератів для України

Regression Summary for Dependent Variable: Wood pellets, briquettes and other agglomerates production, 1000 t (WoodProd.sta) R= ,98668877 R ² = ,97355473 Adjusted R ² = ,96694341 F(2,8)=147,26 p< ,00000 STD Error of estimate: 66,376						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(8)	p-level
Intercept			-568,44	80,293	-7,079	0,000104
Виробництво шпону, тис. м ³	0,617	0,081	4,18	0,546	7,659	0,000060
Виробництво пиломатеріалів, тис. м ³	0,449	0,081	0,20	0,034	5,574	0,000526

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13]

Під час побудови моделі виявлено, що обсяги виробництва паливної деревини не впливають на виробництво брикетів і пелет. Водночас у ці обсяги включається сировина, яка має перероблятися на пелети, брикети тощо. Це створює неоднозначність щодо сировини, що використовується для виготовлення паливних пелет, брикетів та інших агломератів.

У табл. 3.3 показано результати побудови моделі формування обсягів деревних відходів. Як виходить з даних, обсяги деревних відходів на 74,6% визначаються саме лісозаготівельною діяльністю. Тому виготовлення паливних агломератів безпосередньо поряд із лісозаготівлею також є доцільним.

Слід зазначити, що в Україні з 2018 року відбулися структурні зрушення у лісопромисловому комплексі, що відбиваються як більш ефективно використання деревної сировини [16].

Таблиця 3.3

**Результати побудови моделі формування обсягів деревних відходів
в Україні**

Regression Summary for Dependent Variable: Wood Waste (WoodProd)						R=
,86385581 R?= ,74624686 Adjusted R?= ,72087154 F(1,10)=29,408						
	Beta	Std.Err. - of Beta	B	Std.Err. - of B	t(10)	p-level
Intercept			-19,698	143,377	-0,137	0,89344
Виробництво пиловника та фанерного кряжу (усі породи), тис. м ³	0,864	0,159	0,127	0,023	5,423	0,00029

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13]

За отриманими результатами можна припустити наявність резервів для переробки паливної деревини та відходів і деревообробного, і лісопильного виробництв на більш ефективні з точки зору отримання енергії і дотримання екологічних умов види продукції, а саме пелети, брикети тощо.

Крім того, доцільно здійснювати цю переробку безпосередньо у місцях лісозаготівлі або лісопереробки. Кожна 1 тис. куб. м виготовленого шпону дає змогу отримати 4,18 тис. т паливних агломератів.

Середньорічний темп зростання виробництва шпону в Україні за 2005–2022 роки становив 8,6%. За його збереження обсяг виробництва паливних агломератів за 10 років подвоїться.

Головними передумовами реалізації сценарію місцевої переробки у паливні агломерати є: наявність технологій і обладнання для збору відходів лісопильного та деревообробного виробництва, сортування відходів і побічної продукції, зацікавленість територіальних громад, наявність робочої сили.

Очікуваними результатами сценарію є підвищення паливної та енергетичної безпеки територіальних громад; забезпечення паливними ресурсами самих лісозаготівельних і лісопереробних підприємств; наближення до безвідходного виробництва; попередження захаращення лісових територій,

що сприятиме підвищенню якості деревної сировини; створення нових робочих місць у територіальних громадах, зокрема віддалених.

У сфері лісового господарства та лісозаготівлі 98,2 % діючих в Україні економічних суб'єктів належать до малого бізнесу, причому 89,6% – це мікросуб'єкти. Так само у сфері деревообробки 94,2% – мікросуб'єкти, а 98,8% належать до малого бізнесу. Таким чином, реалізація сценарію місцевої переробки деревної сировини та відходів на паливні агломерати може бути підтримана заходами зі стимулювання розвитку малого бізнесу.

Перевагами сценарію місцевого виробництва паливних агломератів є екологічність виготовлюваної продукції, яка може використовуватися як паливо без додаткових витрат на очищення викидів. Крім того, подовження ланки лісозаготівель виробництвом паливних пелет, брикетів та агломератів матиме позитивний соціально-економічний ефект.

Проведене дослідження дозволило сформулювати напрями підвищення ефективності використання деревини як джерела енергії, серед яких технології отримання твердого біопалива є одними з головних.

Аналіз світової динаміки лісозаготівлі, лісопереробки та використання деревини як палива виявив розбіжності у світових тенденціях щодо темпів зміни частки виробництва паливної деревини, деревних пелет і брикетів.

Маючи один із найвищих показників питомої ваги паливної деревини у загальному обсязі деревини, Україна виготовляє паливних брикетів порівняно з Німеччиною, але майже у 7 разів менше деревних пелет.

За результатами дослідження визначено, що реалізація сценарію місцевої переробки паливної деревини та відходів лісопильного й деревообробного виробництва на паливні пелети, брикети та інші агломерати сприяє підвищенню енергетичної безпеки, створює додаткові робочі місця та розвиває малий бізнес.

3.2. Обґрунтування вибору пріоритетів розвитку деревообробної галузі України за матеріальним каскадом

Сучасна концепція циркулярного підходу в економіці передбачає запровадження замкнутого циклу використання матеріальних ресурсів і відновлення їхніх природних джерел.

Як показало проведене дослідження, циркулярна економіка виступає не лише концептуальним продовженням ідей сталого розвитку, а й практичним інструментом їх реалізації у деревообробній промисловості (див. підрозділ 1.2).

Циркулярний підхід знаходить широке практичне втілення у розвинених країнах з високими темпами економічного зростання й обмеженим ресурсним потенціалом, таких як Республіка Корея, Японія, Німеччина, Данія, Швеція, Швейцарія та ін. На відміну від зазначених країн, в Україні ще не сформовано цілісного наукового і державного бачення циркулярного підходу до розвитку промислового сектора.

На основі узагальнення сучасних концепцій замкнутого циклу та результатів бібліометричного аналізу (підрозділи 1.1 та 3.1) пропонується виробничо-продуктова схема циркулярного підходу в деревообробній галузі України (рис. 3.7). Особливістю представленої виробничо-продуктової схеми є процесний підхід, який містить всі етапи переробки деревини: заготівлю деревини, первинну та вторинну переробку, спалювання та отримання теплової енергії.

Матеріальний каскад – це центральний елемент концепції каскадного використання деревних ресурсів у циркулярній економіці. Він передбачає послідовне, багаторазове використання матеріалу (сировини) для створення нових продуктів без його спалювання чи захоронення на ранніх етапах і ґрунтується на аналізі життєвого циклу продукту.

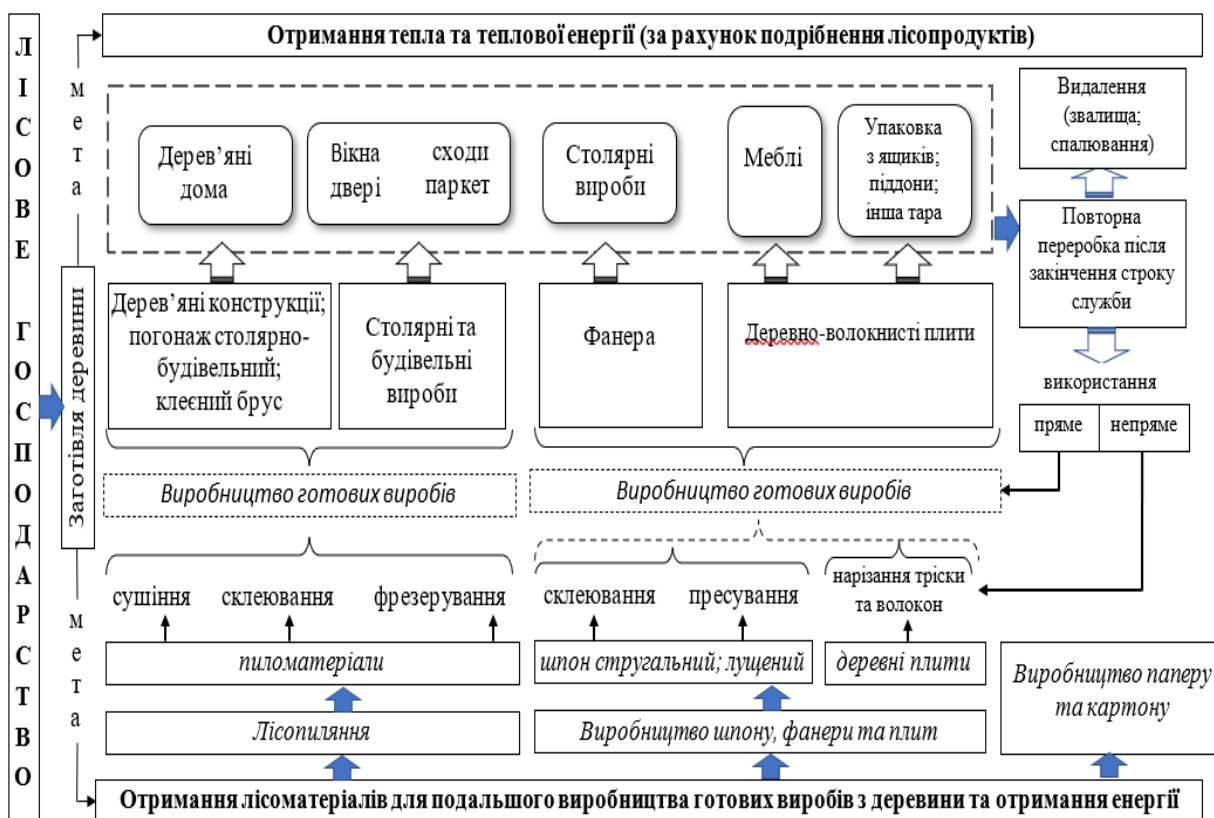


Рис. 3.7. Виробничо-продуктова схема циркулярного підходу в деревообробній промисловості

Джерело: сформовано автором за матеріалами [17]

Як видно на рис. 3.7, до ключових етапів у виробничо-продуктовій схемі циркулярного підходу в деревообробній галузі необхідно віднести: первинне матеріальне використання (виготовлення будівельного бруса, столярних виробів, меблів з масиву); вторинне матеріальне використання деревини (деревостружкові та деревоволокнисті плити, палети, піддони); третинне використання деревини (деревне борошно для деревинно-полімерних композитів). При вичерпанні фізичного ресурсу для переробки деревини – перехід до енергетичного каскаду (спалювання). Чим більше рівнів проходить деревина від моменту її заготівлі до остаточного спалювання, тим вища технологічна зрілість, ресурсоефективність і конкурентоспроможність деревообробної галузі.

У цьому дослідженні, відповідно до табл. 1.21, пропонується визначити пріоритети розвитку деревообробної галузі України за матеріальним каскадом, спираючись на конкурентні переваги продукції на міжнародних ринках.

На основі дослідження літератури та методик міжнародних організацій [18–24], що займаються оцінкою конкурентних переваг продукції на міжнародних ринках, визначено два найбільш інформативні індекси. Оскільки жоден з них не дозволяє дати остаточну оцінку конкурентних переваг, їх слід використовувати в поєднанні, щоб забезпечити якомога повнішу оцінку.

Індекс «Виявленої порівняльної переваги» (RCA) характеризує порівняльну перевагу або недолік експорту продукції країни, що розраховується за формулою:

$$RCA = \frac{x_{ij}/X_{rj}}{(x_{is}-x_{ij})/(X_{rs}-X_{rj})}, \quad (3.1)$$

де x_{ij} – вартість експорту i -ї продукції країни j ; x_{is} – вартість експорту i -ї продукції у світі; X_{rj} – загальна вартість експорту продукції країни j ; X_{rs} – вартість світового експорту. Значення індексу «Виявленої порівняльної переваги» класифікуються як невиражена ($0 < RCA \leq 1$), слабка ($1 < RCA \leq 2$), середня ($2 < RCA \leq 4$) та сильна ($RCA > 4$) [19; 25].

Індекс «Внесок у торговельний баланс» (CTB) дає змогу визначити сильні та слабкі сторони галузі за структурою міжнародних торговельних потоків. Він враховує не лише експорт, а й імпорт, порівнюючи торговий баланс галузі із загальним торговим балансом країни. Індекс CTB розраховується за допомогою формули:

$$CTB = \left[\frac{(x_i - m_i) - (X - M) \times \frac{x_i + m_i}{X + M}}{X + M} \right] \times 100, \quad (3.2)$$

де x_i , m_i – відповідно вартість експорту та імпорту i -ї продукції галузі; X , M – відповідно загальна вартість експорту й імпорту продукції країни.

Позитивне значення індексу CTB продукції галузі вказує на те, що продукція

галузі здійснює позитивний внесок у загальний торговий баланс і навпаки. Цей індекс також можна інтерпретувати як показник «виявленої порівняльної переваги», оскільки він показує, чи галузь працює відносно краще чи гірше, ніж економіка країни в цілому, незалежно від значення загального торгового балансу країни [21].

На основі розрахунку наведених вище індексів оцінку конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн світу пропонується проводити в розрізі рівнів каскадного використання деревини (технологічних переділів) (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Продукція деревообробної галузі в розрізі рівнів каскадного використання деревини

Рівень каскадного використання деревини	Вид продукції деревообробної галузі
Низький	Паливна деревина
	Діловий круглий ліс
	Деревне вугілля
	Тріска і стружка
	Деревні відходи
Середній	Деревні пелети
	Деревні брикети та інші агломерати
	Пиломатеріали
	Шпон
	Фанера
	Стружкові плити
	Орієнтовано-стружкові плити
	Деревоволокнисті плити
	МДФ/ХДФ
	Інші деревоволокнисті плити

Високий	Меблі
	Конструкції будівельні збірні з дерева

Джерело: укладено автором за [13]

Структурно-логічну схему оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України та країн світу наведено на рис. 3.8.

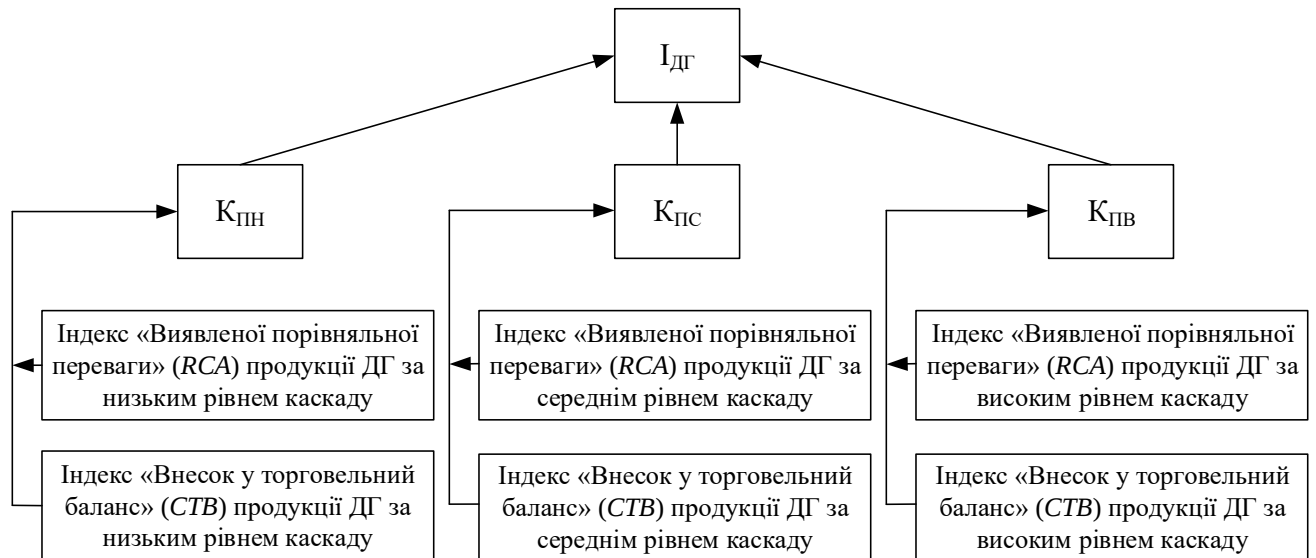


Рис. 3.8. Структурно-логічна схема оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України та країн світу

Джерело: авторська розробка

Оцінка конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни складається з: інтегральної оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної промисловості країни, комплексних показників ($K_{ПН}$ – комплексний показник оцінки продукції за низьким рівнем каскаду; $K_{ПС}$ – комплексний показник оцінки продукції за середнім рівнем каскаду; $K_{ПВ}$ – комплексний показник оцінки продукції за високим рівнем каскаду), індексів RCA та CTB розрахованих для продукції деревообробної промисловості в розрізі рівнів каскаду.

Інтегральну оцінку конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни ($I_{КДГ}$) пропонується здійснювати за допомогою формули:

$$I_{\text{КДГ}} = 0,2 * K_{\text{ПН}} + 0,3 * K_{\text{ПС}} + 0,5 * K_{\text{ПВ}}, \quad (3.3)$$

Комплексний показник (K_{zj}) оцінки конкурентоспроможності продукції z -го рівня каскадності j -ї країни розраховується за формулою:

$$K_{zj} = \sum_{l=1}^2 \beta_{lz} X_{l z j}, \quad (3.4)$$

де β_{lz} – коефіцієнт варіації l -го індексу оцінки конкурентоспроможності продукції z -го рівня каскадності країни;

$X_{l z j}$ – l -й індекс оцінки конкурентоспроможності продукції z -го рівня каскадності j -ї країни;

2 – кількість індексів оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної промисловості за рівнями каскаду країни.

Як інформаційну базу для оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної промисловості України та країн світу було використано бази даних міжнародних організацій FAO (Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй), сектора виробництва та торгівлі лісовою продукцією [12; 13], та UNCTAD (Конференція ООН з торгівлі та розвитку), сектора міжнародної торгівлі товарами [26].

На рис. 3.9 наведено діаграму розподілу України та країн світу за інтегральним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі в 2022 р.

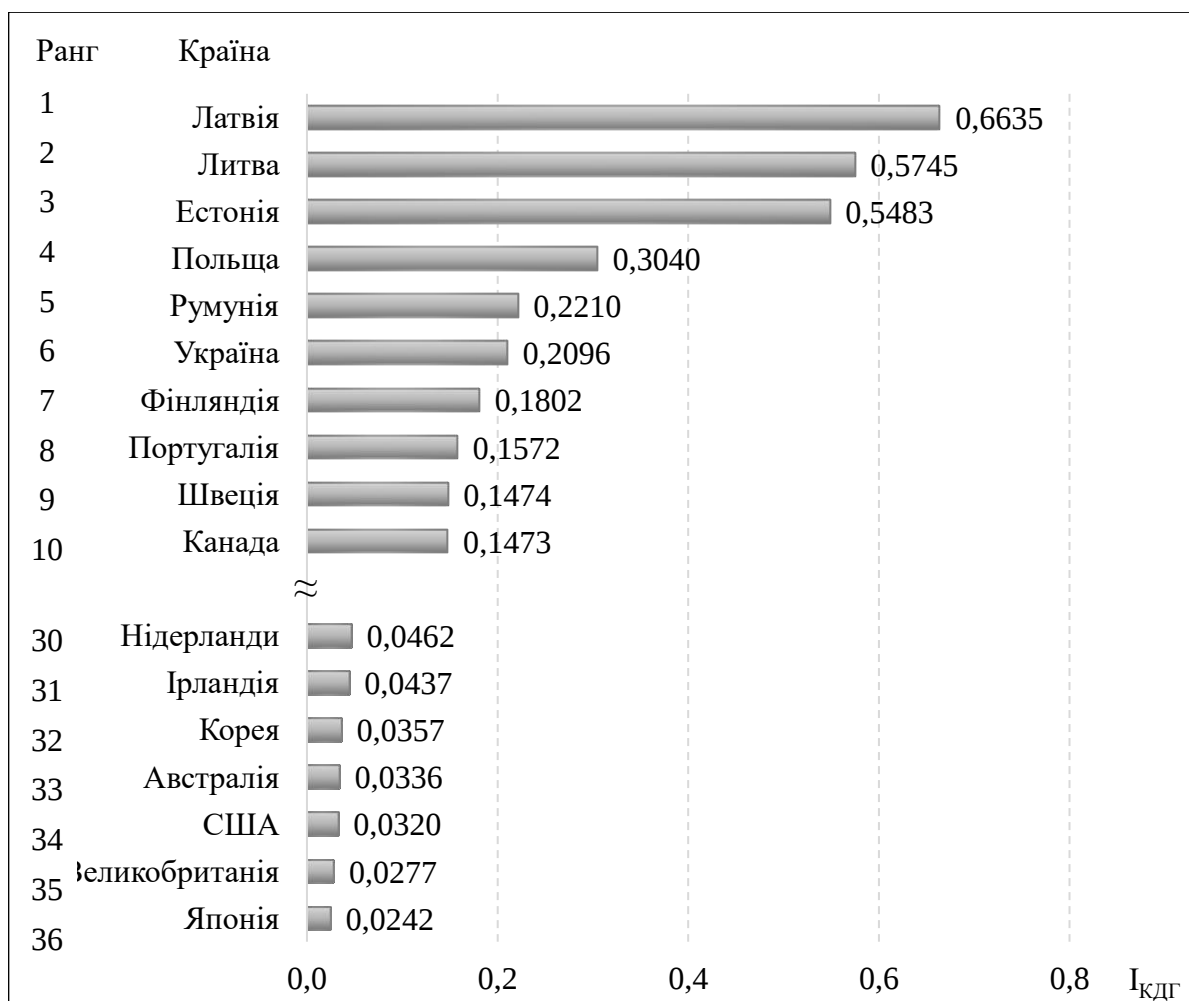


Рис. 3.9. Діаграма розподілу України та країн світу за інтегральним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі в 2022 р.

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13; 26]

Як видно з рис. 3.9, до країн-лідерів за рівнем конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі у 2022 р. увійшли: Латвія – (0,6635), Литва – (0,5745), Естонія – (0,5483), Польща – (0,3040), Румунія – (0,2210) та Україна – (0,2096).

До групи країн світу з низьким рівнем інтегрального показника оцінки конкурентоспроможності деревообробної галузі увійшли такі країни, як: Японія – (0,0242), Велика Британія – (0,0277), США – (0,0320), Австралія – (0,0376) та Корея – (0,0357).

На рис. 3.10 наведено розподіл України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за низьким каскадом.

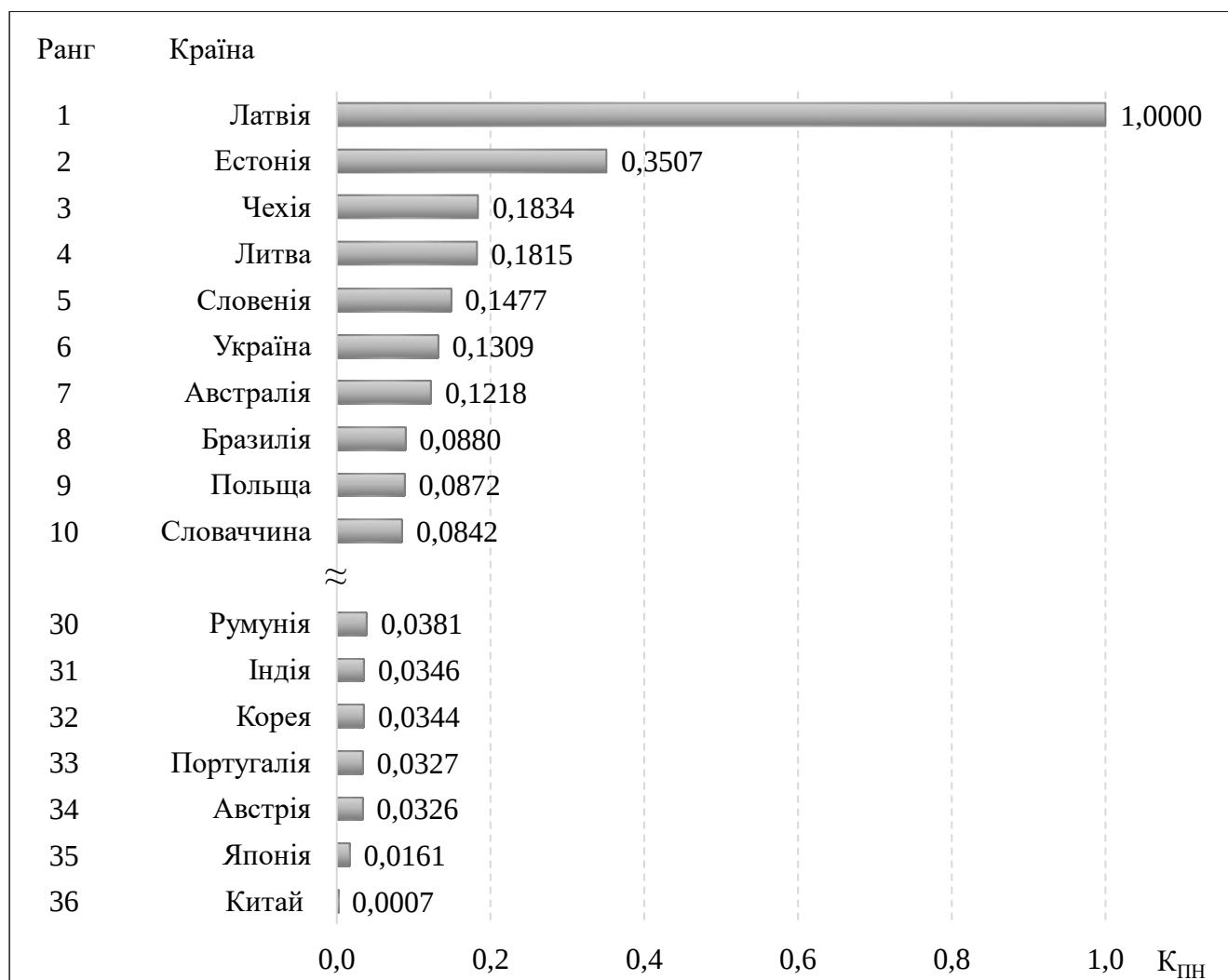


Рис. 3.10. Діаграма розподілу України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі з низьким каскадом у 2022 р.

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13; 26]

Як видно з рис. 3.10, найбільше значення комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за низьким каскадом у 2022 р. спостерігалось у таких країнах: Латвія – (1,0), Естонія – (0,3507), Чехія

– (0,1834), Литва – (0,1815) та Україна – (0,1309).

До групи країн світу з низьким рівнем комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за низьким каскадом увійшли такі країни: Китай – (0,0007), Японія – (0,0161), Австрія – (0,0326), Португалія – (0,0327) та Корея – (0,0344).

На рис. 3.11 наведено розподіл України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за середнім каскадом.

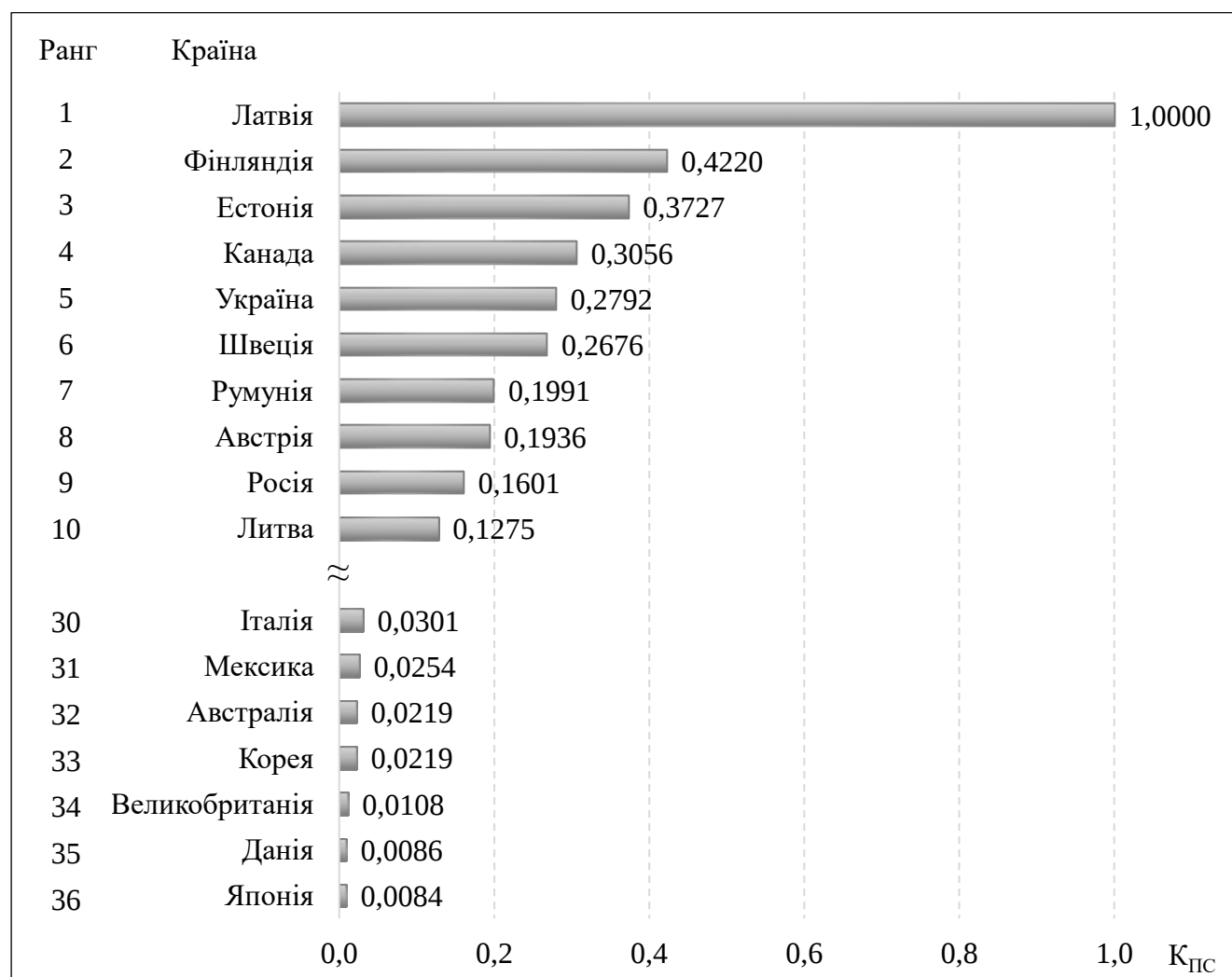


Рис. 3.11. Діаграма розподілу України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за середнім каскадом у 2022 р.

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13; 26]

Як видно з рис. 3.11, найбільше значення комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за середнім каскадом в 2022 р. спостерігається у таких країнах: Латвія – (1,0), Фінляндія – (0,4220), Естонія – (0,3727), Канада – (0,3056) та Україна – (0,2792).

До групи країн світу з низьким рівнем комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за середнім каскадом увійшли такі країни: Японія – (0,0084), Данія – (0,0086), Велика Британія – (0,0108), Корея – (0,0219) та Австралія – (0,0219).

На рис. 3.12 наведено розподіл України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за високим каскадом.

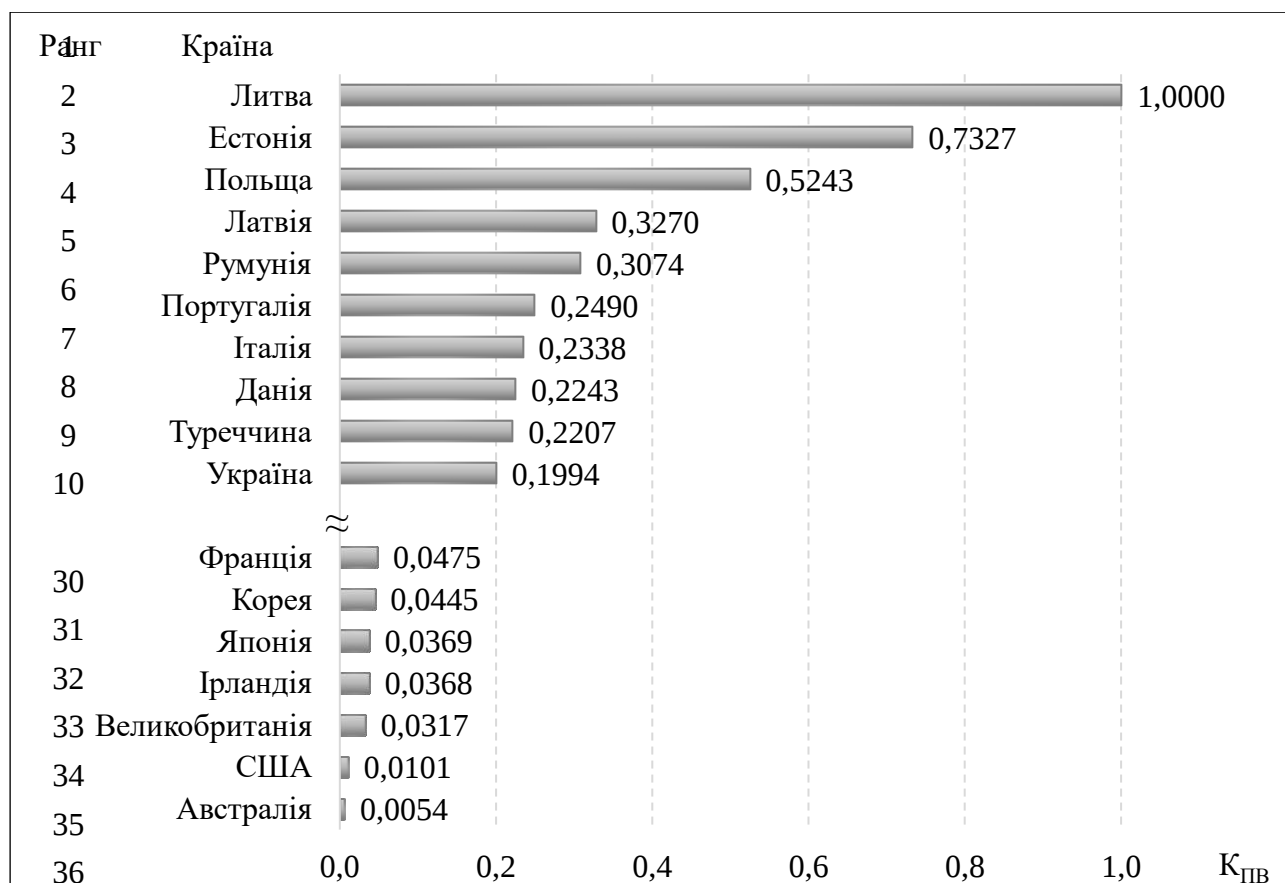


Рис. 3.12. Діаграма розподілу України та країн світу за комплексним показником оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за високим каскадом у 2022 р.

Джерело: розраховано автором за даними [12; 13; 26]

Як видно з рис. 3.12, найбільше значення комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за високим каскадом у 2022 р. спостерігається у таких країнах: Литва – (1,0), Естонія – (0,7327), Польща – (0,5243), Латвія – (0,3270) та Румунія – (0,3074).

Україна зі значенням комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за високим каскадом – 0,1994 – посіла 10-те місце серед досліджуваних 36 країн світу.

До групи країн світу з низьким рівнем комплексного показника оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за високим каскадом увійшли такі країни: Австралія – (0,0054), США – (0,0101), Ірландія – (0,0368) та Японія – (0,0369).

На рис. 3.13 наведено графік розподілу середніх для виділених кластерів країн світу.

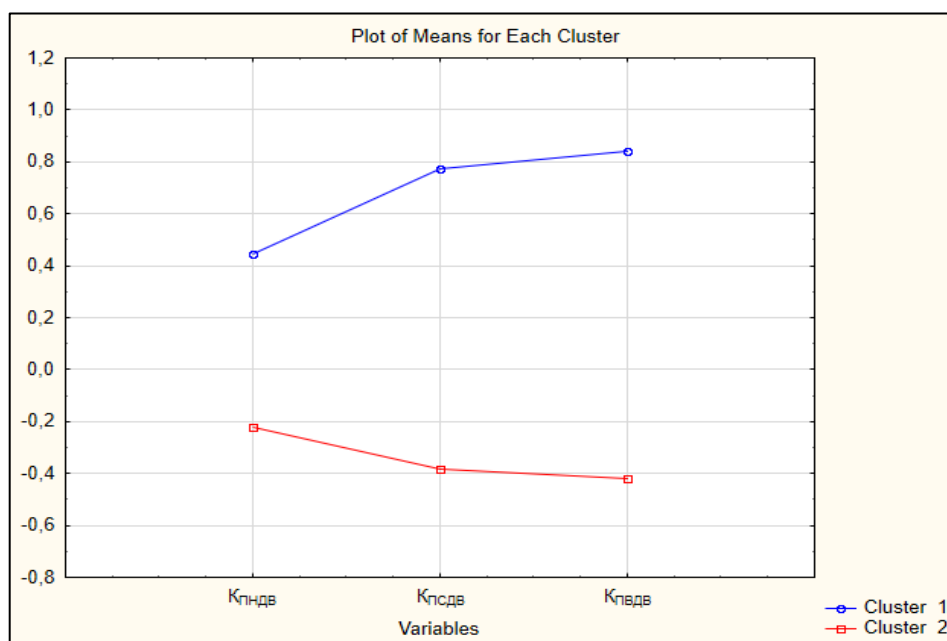


Рис. 3.13. Графік розподілу середніх для кластерів країн світу за значеннями комплексних показників оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за рівнями каскадності використання деревини

Джерело: розраховано автором

Кластери достатньо відрізняються за комплексними показниками оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за рівнями каскадності використання деревини.

У табл. 3.5 наведено результати кластеризації 36 досліджуваних країн світу за значеннями комплексних показників оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за рівнями каскадності за методом *k*-середніх.

Як видно з табл. 3.4, до першого кластера, який характеризується високим рівнем конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі у розрізі каскадності використання деревини, увійшло дванадцять країн світу, зокрема: Естонія, Італія, Канада, Латвія, Литва, Польща, Португалія, Румунія, Туреччина, Україна, Фінляндія.

До другого кластера, який характеризується низьким рівнем конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі у розрізі каскадності використання деревини, потрапило двадцять чотири країни світу: Австралія, Австрія, Бельгія, Болгарія, Бразилія, Велика Британія, Греція, Данія, Індія, Ірландія, Іспанія, Китай, Корея, Мексика, Нідерланди, Німеччина, росія, Словаччина, Словенія, США, Угорщина, Франція, Чехія та Японі

Таблиця 3.5

Результати кластеризації України та країн світу за значеннями комплексних показників оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі за рівнями каскадності використання деревини у 2022 р.

Кластер 1	Кластер 2
Естонія	Австралія
Італія	Австрія
Канада	Бельгія
Латвія	Болгарія
Литва	Бразилія
Польща	Велика Британія
Португалія	Греція

Продовження табл. 3.5

Румунія	Данія
Туреччина	Індія
Україна	Ірландія
Фінляндія	Іспанія
Швеція	Китай
	Корея
	Мексика
	Нідерланди
	Німеччина
	Росія
	Словаччина
	Словенія
	США
	Угорщина
	Франція
	Чехія
	Японія

Джерело: укладено автором

Дослідимо детальніше індекси «Виявлених порівняльних переваг» (*RCA*) та «Внеску у торговельний баланс» (*CTB*) для України.

У табл. 3.6 наведено розрахунки індексів «Виявленої порівняльної переваги» та «Внеску у торговельний баланс» за номенклатурою продукції деревообробної галузі України в 2022 р.

Таблиця 3.6

Індекси *RCA* та *CTB* за номенклатурою продукції деревообробної галузі України в 2022 р.

Номенклатура продукції деревообробної галузі за рівнем каскадного використання деревини	Індекс	
	<i>RCA</i>	<i>CTB</i>
<i>Низький</i>		
Паливна деревина	30,61	0,04
Діловий круглий ліс	0,00	-0,01
Деревне вугілля	26,73	0,08
Тріска і стружка	0,60	0,01

Продовження табл. 3.6

Деревні відходи	12,06	0,01
<i>Середній</i>		
Деревні пелети	9,24	0,11
Деревні брикети та інші агломерати	44,15	0,04
Пиломатеріали	5,24	0,53
Шпон	41,35	0,34
Фанера	2,98	0,10
Стружкові плити	5,71	0,07
Орієнтовано-стружкові плити	1,76	0,02
Деревоволокнисті плити	3,14	0,00
МДФ/ХДФ	1,42	-0,04
Інші деревоволокнисті плити	0,07	0,00
<i>Високий</i>		
Меблі	2,18	0,32
Конструкції будівельні збірні з дерева	3,25	0,02

Джерело: укладено автором

Як видно з табл. 3.6, у сегменті продукції деревообробної галузі за низького рівня каскадності в Україні найбільш конкурентною продукцією на зовнішніх ринках є «Паливна деревина», «Деревне вугілля» та «Деревні відходи»; у сегменті за середнього каскаду вся продукція є конкурентоспроможною, крім «МДФ/ХДФ» та «Інші деревоволокнисті плити». Продукція, що увійшла в сегмент за високим рівнем каскадності («Меблі» та «Конструкції будівельні збірні з дерева») є конкурентною на зовнішньому ринку, але рівень її конкуренції значно нижчий, ніж у лідерів низького та середнього каскаду.

Проведений аналіз конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України в розрізі каскадного використання деревини показав, що конкурентоспроможність продукції деревообробної галузі країни загалом має досить високий рівень (6-те місце серед 36 досліджуваних країн світу). Однак більш детальне дослідження показало, що досягнутий рівень конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України ґрунтується на високих рівнях конкурентоспроможності продукції, яка належить до низького та середнього рівнів каскадного використання деревини.

Враховуючи результати проведеного аналізу у 2-му розділі цього дослідження, визначено, що у деревообробній галузі України необхідно посилити формування повноцінних каскадних ланцюгів у сегменті з високим рівнем каскадного використання деревини.

3.3. Формування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі

Традиційна лінійна модель економіки, що ґрунтується на принципі «взьми – виробляй – викидай», яка акцентує увагу на масовому споживанні та створенні значних обсягів відходів, активно замінюється концепцією циркулярної економіки, що включає не лише екологічну відповідальність, а й створення широкого спектра економічних можливостей і впровадження інноваційних практик [27].

Як зазначили Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. [28], циркулярна економіка – це спосіб подолання нинішньої моделі виробництва та споживання, що ґрунтується на безперервному зростанні та збільшенні обсягів використання ресурсів. Сприяючи впровадженню моделей виробництва із замкнутим циклом у рамках економічної системи, циркулярна економіка має на меті підвищити ефективність використання ресурсів, приділяючи особливу увагу міським і промисловим відходам, щоб досягти кращого балансу та гармонії між економікою, навколишнім середовищем і суспільством.

Циркулярна економіка, як зазначили Genovese A. та інші [29], є теоретичною концепцією, спрямованою на створення промислової системи, що за своєю суттю має відновлювальний характер. Останнім часом бізнес став більш обізнаним щодо цієї концепції, розглядаючи її як механізм для створення конкурентної переваги.

Циркулярні бізнес-моделі є ключовим елементом концепції циркулярної економіки; вони передбачають організаційно-економічний рівень реалізації циркулярності в обробній промисловості (див. табл. 1.1).

У літературі наведено різні циркулярні бізнес-моделі, які передбачають зміну бізнес-процесів на всіх етапах життєвого циклу продукту – від проектування до утилізації [30; 31; 32; 33].

М. Руда, Я. Мирка [34] зазначили, що циркулярна бізнес-модель – це узагальнювальний термін для абсолютно різних бізнес-моделей, які прагнуть до використання меншої кількості матеріалів і ресурсів для виробництва продуктів та послуг, а також до продовження терміну служби наявних продуктів і послуг за допомогою ремонту та відновлення, завершення життєвого циклу продуктів шляхом переробки, отримуючи вигоду із залишкової вартості продуктів і матеріалів.

М. Linder, М. Willander [35] визначають сутність циркулярної бізнес-моделі через її концептуальну логіку створення вартості, засновану на економічній вартості, що зберігається в продукті після його використання.

В. Кузьома та В. Співак [36] зазначили, що від традиційних лінійних моделей циркулярні бізнес-моделі відрізняються механізмами замикання енергетичних і матеріальних циклів, які сприяють забезпеченню фінансового, екологічного та соціального здоров'я компаній-учасників та інших зацікавлених стейкхолдерів

Проблеми формування циркулярних бізнес-моделей активно досліджуються науковцями світу. Найбільш цитовані статті, що проіндексовані у Scopus, з проблем формування циркулярних бізнес-моделей присвячені:

висвітленню основних особливостей та перспектив циркулярної економіки: її походження, основних принципів, переваг і недоліків, моделювання та впровадження циркулярної економіки на різних рівнях (мікро-, мезо- та макро-) у всьому світі (Ghisellini P. [28] – 5356 посилань);

стратегії продуктового дизайну та бізнес-моделей для циркулярної економіки (Bocken N.M.P. та ін. [30] – 3453 посилання);

проектування адитивного виробництва (Thompson M. K. та інші (2016) [37] – 1876 посилань);

виявленню перешкод для впровадження бізнес-моделей циркулярної економіки малими та середніми підприємствами (Risos V. та ін. (2016) [38] – 1007 посилань),

еволюції концепції «Дизайн для сталого розвитку» (Ceschin F., Gaziulusoy I. (2016) [39] – 790 посилань).

Традиційно деревообробна галузь працює за лінійною моделлю: вирощування сировини, заготівля, первинна переробка, глибинна переробка, виготовлення проміжних і кінцевих продуктів, споживання, утилізація відходів. Лінійна модель переробки деревини має кілька недоліків, зокрема неефективне використання ресурсів, низький рівень переробки відходів.

Впровадження каскадно-циркулярного підходу підприємствами деревообробної галузі передбачає переосмислення та трансформацію лінійної моделі, щоб зробити процес сталішим шляхом: зменшення споживання енергії, мінімізації відходів і зниження вуглецевого сліду виробничих процесів, подовження строку експлуатації виробів, а також сприяння повторному використанню виробів з деревини (див. підрозділ 1.1).

Розвиток деревообробної галузі на засадах циркулярного підходу зумовлений такими чинниками:

екологічні. Деревообробна галузь генерує значну кількість відходів, зокрема відходи меблевого виробництва та будівництва. Циркулярна економіка пропонує підходи для мінімізації відходів через краще управління ними, повторне використання деревини, а також підвищення ефективності переробки. Дерев'яне будинкобудування дозволяє знизити кількість твердих відходів у процесі зносу та демонтажу будівлі, зменшити негативний вплив на довкілля. Деревообробна промисловість потребує стійкості ресурсної бази, а перехід до циркулярної економіки сприятиме збереженню лісових ресурсів;

економічні. Впровадження циркулярних практик може сприяти значному зниженню витрат підприємств лісового та деревообробного секторів за рахунок

оптимізації використання ресурсів, повторного використання матеріалів та отримання енергії. Розробка та впровадження інноваційних бізнес-моделей в деревообробній промисловості, таких як: каскадно-циркулярна переробка деревини, використання цифрових технологій для оптимізації виробничих процесів та логістики сприятимуть подоланню економічних викликів і забезпечать конкурентні переваги завдяки зниженню витрат, покращенню екологічної репутації та залученню інвесторів, орієнтованих на сталий розвиток;

соціальні. Завдяки використанню природних, екологічно чистих матеріалів у будівництві та облаштуванні будівель сприятиме покращенню якості життя населення, зниженню шкоди для здоров'я, підвищенню комфорту. Принципи циркулярної економіки передбачають формування відповідальнішого ставлення до використання лісових ресурсів, що стимулюватиме виробників до впровадження більш сталих практик. Модернізація підприємств деревообробної та лісової галузі на засадах циркулярної економіки стимулюватиме створення нових робочих місць у сфері переробки, відновлення та екологічно чистого виробництва.

За результатами проведеного бібліометричного аналізу (див. підрозділи 1.1 та 3.1) драйверами розвитку деревообробної промисловості на засадах каскадно-циркулярного підходу є: впровадження інновацій, поглиблення переробки, екодизайн, подовження життєвого циклу продукту, збільшення переробки відходів, які реалізуються через циркулярні бізнес-моделі.

С. Бурлуцька, Ю. Дідашко [40] визначили принципи, на яких ґрунтуються циркулярні бізнес-моделі: максимізація корисного використання ресурсів і матеріалів, скорочення відходів, зменшення використання первинних ресурсів та створення циклічних ланцюгів вартості.

У науковій літературі зустрічаються різні підходи до класифікації циркулярних бізнес-моделей.

Так, Всесвітній економічний форум виділяє п'ять видів циркулярних бізнес-моделей [41]:

модель «круглих (замкнених) входів» – модель, що ґрунтується на максимальному відтворенні та повторній переробці сировини і матеріалів;

бізнес-моделі спільного споживання – надання доступу широкому колу споживачів до продуктів та послуг, дорогих активів;

«продукт як послуга» – продовження строку використання та обслуговування продукту);

розширення практики використання товару за рахунок таких інструментів: ремонт, сервіс, відновлення, модернізація;

«відновлення ресурсів» – модель, яка передбачає відновлення вартості й цінності матеріалів і продуктів на кінцевих стадіях циклу використання (повернення старих товарів виробнику, використання їхніх запасних частин тощо).

Всесвітня організація економічного співробітництва та розвитку (OECD) класифікує циркулярні бізнес-моделі на п'ять основних видів: моделі замкненого циклу постачання, моделі відтворення ресурсів, моделі продовження строку служби продукту, спільні системи обслуговування продукту [42].

Фонд Еллен Макартур запропонував класифікувати циркулярні бізнес-моделі за такими типами: регенерація, спільне використання, оптимізація, замикання циклів, віртуалізація, обмін [43].

Спеціалісти компанії Accenture визначили 5 бізнес-моделей: циркулярні поставки, відновлення ресурсів, платформи для обміну, продовження життєвого циклу продукту, продукт як послуга [44].

Заслуговую на увагу позиція О. Подра, Ю. Горошко [44], які дослідили, окрім уже зазначених вище циркулярних бізнес-моделей («продукт як послуга», ремонту та відновлення, повторного використання, переробки, циркулярні ланцюги постачання), також біоцикли.

І. Миценко, І. Хаджинов [45] класифікували циркулярні бізнес-моделі за такими їх видами: 1) моделі короткого та довгого циклу; 2) каскади; 3) моделі чистого циклу; 4) моделі виробництва на вимогу; 5) нематеріальні моделі.

В. Кузьома та В. Співак [36] запропонували види циркулярних бізнес-моделей розвитку: ресурсні моделі, дизайнерські моделі, моделі продовження життєвого циклу товару, платформенні моделі, продукт як послуга, прикінцеві моделі життєвого циклу товару.

Підприємства деревообробної галузі застосовують як окремі типи циркулярних бізнес-моделей, так і їх поєднання. У табл. 3.7 наведено класифікацію циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі за типом каскаду.

Таблиця 3.7

Типи циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі

Бізнес-модель	Характеристика	Приклад використання	Рівень каскаду
Циркулярний ланцюг постачання (Circular Supply Chain)	Перехід від використання невідновлюваних або обмежених ресурсів до відновлюваних або перероблених. Замкнений цикл матеріалів у ланцюгу постачання.	Енергетичне використання деревини. Використання сертифікованої деревини. Біомаса	Низький
Відновлення ресурсів (Resource Recovery)	Впровадження технологічних інновацій із відновлення і повторного використання ресурсів, що дає змогу знизити відходи і отримати нову продукцію	Системний збір і переробка відходів лісозаготівлі та деревообробки. Вторинна переробка деревини. Переробка деревних відходів. Виготовлення пелет, плит	Середній
Платформи для обміну і спільного використання (Sharing Platforms)	Обмін або спільне використання товарів, відходів, залишків виробництва через спеціальні платформи, що покращує взаємодію між виробниками	Продаж або обмін залишками (деревні відходи – сировина для суміжних галузей) Платформи для перепродажу вживаних меблів	Середній

Продовження табл. 3.7

Продовження життєвого циклу продукції (Product Life Extension)	Продовження терміну служби продукту через ремонт, модернізацію, реконструкцію або відновлення	Ремонт, реставрація меблів, будинків з деревини	Високий
Продукт як послуга (Product-as-a-Service)	Надання продукту в тимчасове користування замість продажу як сервіс. Компанія зберігає власність на продукт, забезпечує його обслуговування та переробку після використання	Оренда деревних піддонів/палет, меблів, після закінчення оренди вироби відновлюються, ремонтуються і знову надаються в оренду чи продаються Надання супутніх послуг	Високий
Регенерація, повторне використання (Recycling, Reuse)	Продовження життєвого циклу виробів шляхом їх модернізації або відновлення	Використання у будівництві відновленої деревини Використання модульних конструкцій Перепродаж відреставрованих меблів	Високий
Дизайн без відходів (Design for Zero Waste)	Розробка продукції, спроектованої з урахуванням мінімізації використання первинних ресурсів і повної повторної переробки. Проектування продуктів за принципами екодизайну, використання модульних конструкцій	Модульні конструкції, розробка дизайну товарів з деревини, які придатні до ремонту та рециклінгу	Високий

Джерело: створено автором за даними [34; 44–49]

Як видно з табл. 3.7, виділено 7 циркулярних бізнес-моделей, які мають перспективи активного використання у деревообробній галузі України, причому вони вирізняються не лише екологічністю, а й економічним ефектом.

До низького каскаду віднесено бізнес-модель циркулярного ланцюга постачання, яка застосовується під час енергетичного використання деревини та виробництва біомаси. Ця бізнес-модель передбачає використання сертифікованої деревини. Наявність сертифікатів FSC та PEFC свідчить про те, що ліс заготовлено легально, а підприємство дотримується екологічних норм. Прозорість ланцюга постачання дає змогу відстежувати походження сировини (від лісництва до кінцевого продукту), етапи переробки та створення вартості. Інноваційним рішенням у даній бізнес-моделі є виробництво біоетанолу із залишків деревини, вироблення біокопозитів.

До середнього каскаду віднесено такі циркулярні бізнес-моделі: відновлення ресурсів, платформи для обміну і спільного використання. Ці бізнес-моделі будуються на переробці деревини. Відходи деревини (тріска, стружка) є сировиною для виготовлення інших продуктів з більш високою доданою вартістю, наприклад, плит (ДСП, МДФ). Інноваційним рішенням для реалізації цієї моделі є створення цифрових платформ для обміну, продажу чи спільного використання залишків сировини, деревообробного обладнання або складських площ. Створення кластерів та індустріальних парків у деревообробній галузі.

До високого каскаду увійшли такі бізнес-моделі: продовження життєвого циклу продукції, продукт як послуга, регенерація, повторне використання, дизайн без відходів – це бізнес-моделі, що збільшують життєвий цикл продукту. Ці моделі також спрямовані на оптимізацію використання активів (меблів, будинків, деревних конструкцій), проєктування продуктів за принципами екодизайну та застосування модульних конструкцій. Наприклад, модульні меблеві системи або будівельні конструкції можна легко розібрати під час перепланування чи демонтажу та використовувати повторно в первинному вигляді. Заслуговує на увагу бізнес-модель «продукт як послуга», яка в Україні практично не застосовується. Вона передбачає надання супутніх послуг:

технічне обслуговування деревних будинків (енергозбереження, пожежна безпека, «розумний дім»), реставрацію меблів, модернізацію виробів з деревини, використання у будівництві відновленої деревини.

Циркулярні бізнес-моделі в деревообробній галузі орієнтовані на підвищення цінності деревних відходів, залишків виробництва, які можуть бути реалізовані за рахунок каскадно-циркулярного підходу.

Каскадні процеси, як зазначили В. Кузьома та В. Співак [36], є різновидом циркулярних процесів і передбачають організацію обернених біологічних циклів (каскадне перепрофілювання) органічної сировини. Каскадні моделі, як різновид циркулярних бізнес-моделей розвитку, спрямовані на максимальне збереження цінності та продовження життєвого циклу біологічних матеріалів.

Незважаючи на те, що циркулярні бізнес-моделі пропонують численні переваги, зокрема, з точки зору зниження витрат та екологічного впливу, вони також стикаються з рядом бар'єрів, таких як високі початкові інвестиції, відсутність необхідної інфраструктури для переробки відходів, слабка підтримка на рівні державної політики та низька екологічна культура споживання [30; 31].

У табл. 3.8 наведено бар'єри, що стримують використання циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі України.

Як видно з табл. 3.8, до ключових бар'єрів, що стримують впровадження циркулярних бізнес-моделей в деревообробній галузі, віднесено: нормативно-правові, технічні, економічні, соціальні та культурні.

Аналіз наявних нормативно-правових бар'єрів для формування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі дозволив зробити висновок, що в Україні, незважаючи на низку стратегічних нормативно-правових документів, спрямованих на сталий розвиток і «зелений перехід» [54; 55], існуюча нормативно-правова база сформована під лінійну економіку. Так, у нормативно-правових актах у сфері управління відходами деревна стружка, тирса, обрізки, вживана деревина класифікуються як відходи, а не як ресурс або вторинна сировина. На сьогодні відсутні чіткі прозорі процедури та технічні стандарти щодо відходів з деревини, як сировини.

Таблиця 3.8

Бар'єри для застосування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі України та шляхи їх подолання

Тип бар'єру	Короткий опис	Застосування	Шляхи подолання
Нормативно-правові	Відсутність відповідних законів і політики, правова невизначеність	Недосконалі закони щодо переробки деревних відходів і використання вторинних матеріалів	Розробка та прийняття нових законодавчих актів, стандартизація сертифікація
Технічні	Недостатньо розвинена інфраструктура, складність технологій	Переробка відходів будівництва, меблів	Інвестиції в нові технології, стандартизація процесів переробки, розвиток інфраструктури
Економічні	Висока вартість впровадження циркулярних практик, нестача фінансування	Високі витрати на модернізацію виробництва, логістику, складування деревних відходів, відсутність фінансових інструментів підтримки	Пільгові кредити, субсидії, державна фінансова підтримка
Соціальні та культурні	Низька обізнаність виробників та споживачів, стійкі споживчі звички	Слабка популярність ремонту та оренди товарів серед споживачів	Просвітницькі компанії, зміна культурних стереотипів

Джерело: складено автором за матеріалами [34; 38; 50–53]

Відсутня державна підтримка щодо стимулювання формування каскадів переробки деревини. Підприємству вигідніше відразу спалити деревину, придатну для подальшої переробки, ніж інвестувати в інноваційні технічні рішення для повторної переробки. Застарілість стандартів у будівництві, відсутність процедури її сертифікації ускладнюють використання вживаної деревини у несучих конструкціях чи елементах будівель. Для подолання регуляторних бар'єрів і стимулювання застосування циркулярних бізнес-моделей у першу чергу необхідно усунути прогалину у визначенні відходів як сировинного ресурсу та оновити Державні будівельні норми (ДБН) щодо

дерев'яних конструкцій, а також розширити відповідальність виробника щодо збору, ремонту та повторного використання деревної тари й меблів після завершення строку експлуатації, що зобов'яже виробників створювати системи зворотної логістики.

Ключовими технічними бар'єрами для успішного впровадження каскадного використання деревини та циркулярних бізнес-моделей є якість вторинної сировини (знос, наявність клеїв, лаків, кріплень тощо), недостатній рівень розвитку інфраструктури та складність впровадження технологій з переробки деревини. Напрямами подолання технічних бар'єрів є: автоматизація сортування деревних відходів, деметалізація, виокремлення домішок. Сучасними напрямами подолання технічних бар'єрів є: подолання технічних бар'єрів на етапі проєктування продукту, впровадження цифрових паспортів матеріалів, інвестування в нові технології.

Економічний бар'єр – це, в першу чергу, висока вартість впровадження циркулярних практик: висока собівартість збору, логістики та підготовки вторинної сировини. Шляхом подолання економічних бар'єрів є державна підтримка (пільгові кредити, субсидії) та залучення інвестицій.

Каскадно-циркулярний розвиток деревообробної галузі може стримуватися також застарілими стереотипами, звичками споживання, неготовністю виробників до змін, недостатньою кваліфікацією кадрів. Їх подолання можливе шляхом проведення просвітницьких кампаній, модернізації освітніх програм, стимулювання сервісних бізнес-моделей.

Таким чином, циркулярні бізнес-моделі є ефективним інструментом для вирішення економічних та екологічних викликів у деревообробній галузі України, а їх впровадження є підґрунтям для переходу до більш сталої, ресурсоефективної економіки у повоєнний період.

Висновки до розділу 3

1. Із використанням бібліометричного аналізу публікацій у базі Scopus ідентифіковано ключові наукові тренди у сфері переробки відходів з деревини та формування циркулярних бізнес-моделей.

2. Визначено, що дослідження переробки відходів і формування циркулярних бізнес-моделей мають міждисциплінарний характер і концентруються на перетині екологічних наук, енергетики, інженерії та бізнес-управлінні. Проблеми переробки деревних відходів активно досліджуються установами Китаю, Індонезії, Бразилії. Найбільш вживаними ключовими словами у публікаціях є: циркулярна економіка, сталий розвиток, сталість, біомаса, управління відходами, які найбільш точно відображають драйвери досліджень з цієї проблематики.

3. Деревина та продукти її переробки є найбільш поширеними видами палива з біомаси. З метою формування напрямів підвищення використання деревини як джерела енергії в Україні оцінено стан світового лісового господарства, встановлено ступінь використання енергетичного потенціалу деревини у світі та Україні, а також розроблено сценарій підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

4. Аналіз світової динаміки лісозаготівлі, лісопереробки та використання деревини як палива виявив розбіжності у світових тенденціях щодо темпів зміни частки виробництва паливної деревини, деревних пелет і брикетів.

5. Проведене дослідження показало, що в Україні необхідно інтенсифікувати переробку відходів з деревини на найнижчому (енергетичному) каскаді, що дозволить забезпечити енергетичну безпеку та децентралізацію генерації, а також зменшити обсяги відходів, що утилізуються на звалищах.

6. Запропоновано організаційний підхід до формування напрямів підвищення використання деревини як джерела енергії в Україні, який включає

послідовність етапів: оцінку стану світового лісового господарства, визначення ступеня використання енергетичного потенціалу деревини у світі та Україні, розробку сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

7. Для формування сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні було побудовано відповідні регресійні моделі. Визначено, що реалізація сценарію місцевої переробки паливної деревини та відходів лісопильного й деревообробного виробництва на паливні пелети, брикети та інші агломерати сприяє підвищенню енергетичної безпеки, створює додаткові робочі місця та розвиває малий бізнес.

8. На основі узагальнення сучасних концепцій замкненого циклу та результатів бібліометричного аналізу запропоновано виробничо-продуктову схему циркулярного підходу в деревообробній галузі України, яка включає всі етапи переробки деревини: заготівлю, первинну та вторинну переробку, спалювання та отримання теплової енергії.

9. Запропоновано методичний підхід до оцінки конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн світу в розрізі рівнів каскадного використання деревини (технологічних переділів).

10. Запропоновано структурно-логічну схему оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни, яка складається з: інтегральної оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни, комплексних показників ($K_{ПН}$ – комплексний показник оцінки продукції за низьким рівнем каскаду; $K_{ПС}$ – комплексний показник оцінки продукції за середнім рівнем каскаду; $K_{ПВ}$ – комплексний показник оцінки продукції за високим рівнем каскаду), індексів *RCA* та *CTB* розрахованих для продукції деревообробної галузі в розрізі рівнів каскаду.

11. Проведений аналіз конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України в розрізі каскадного використання деревини показав, що конкурентоспроможність продукції деревообробної галузі країни загалом має досить високий рівень (11-те місце серед 36 досліджуваних країн

світу). Однак більш детальне дослідження показало, що досягнутий рівень конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України ґрунтується на високих рівнях конкурентоспроможності продукції, що входить до низького та середнього рівнів каскадного використання деревини.

12. Циркулярні бізнес-моделі є ключовим елементом концепції циркулярної економіки, вони передбачають організаційно-економічний рівень реалізації циркулярності в обробній промисловості. Узагальнено особливості застосування циркулярних бізнес-моделей: циркулярних ланцюгів постачання, відновлення ресурсів, подовження життєвого циклу продукту, платформи спільного використання, «продукт як послуга», дизайн без відходів. Здійснено класифікацію циркулярних бізнес-моделей в деревообробній галузі за видом каскаду.

13. Узагальнено бар'єри для застосування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній промисловості України (нормативно-правові, технічні, економічні, соціально-культурні) та визначено шляхи їх подолання.

Результати дослідження знайшли відображення у публікаціях [56–61].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Довкілля України. Статистичний збірник за 2022 рік / Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/10/zb_dov_22.pdf
3. Поводження з побутовими та подібними відходами (2011–2020) / Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/ns/ns_rik/pzppv_2020_ue.xls

4. Утворення відходів за джерелами (1995–2020) / Державна служба статистики України. URL:

https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/ns/ns_rik/uv_dj_95_20_ue.xls

5. Camporeale S. M., Fortunato B., Torresi M., Turi F., Pantaleo A. M., Pellerano A. Part load performance and operating strategies of a natural gas-biomass dual-fueled microturbine for combined heat and power generation. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. 2015. Vol. 137. No. 12. P. 121401.

DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4030499>

6. Mohan D., Pittman C. U., Steel P. H. Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. *Energy and Fuels*. 2006. Vol. 20. No. 3. P. 848–889.

DOI: <https://doi.org/10.1021/ef0502397>

7. Evans R. J., Milne T. A. Molecular Characterization of the Pyrolysis of Biomass. *Energy and Fuels*. 1987. Vol. 1. No. 2. P. 123–137.

DOI: <https://doi.org/10.1021/ef00002a001>

8. Demirbas A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*. 2001. Vol. 42. No. 11. P. 1357–1378.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)

9. Zavrel M., Bross D., Funke M., Büchs J., Spiess A. C. High-throughput screening for ionic liquids dissolving (ligno-)cellulose. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. No. 9. P. 2580–2587.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.052>

10. Phanphanich M., Mani S. Impact of torrefaction on the grindability and fuel characteristics of forest biomass. *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102. No. 2. P. 1246–1253.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.028>

11. Baxter L., Miles T., Jenkins B., Milne T., Dayton D., Bryers R., Oden L. The behavior of inorganic material in biomass-fired power boilers: Field and laboratory experiences. *Fuel Processing Technology*. 1998. Vol. 54. No. 1–3. P. 47–78.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-3820\(97\)00060-X](https://doi.org/10.1016/S0378-3820(97)00060-X)

12. Food and Agriculture Organization // FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
13. Forestry Production and Trade // FAOSTAT. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
14. Ak N. Waste management: Some energy recovery processes. *Energy Education Science and Technology Part A Energy Science and Research*. 2012. Vol. 28. No. 2. P. 1175–1182. URL: https://www.researchgate.net/publication/286716691_Waste_management_Some_energy_recovery_processes
15. Sikkema R., Steiner M., Junginger M., Hiegl W., Hansen M. T., Faaij A. The European wood pellet markets: Current status and prospects for 2020. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*. 2011. Vol. 5. No. 3. P. 250–278.
DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.277>
16. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua>
17. Використання вживаної деревини // Ligno. URL: https://ligno.com.ua/uk/news-details?id_post=105
18. Coelho M., Santos H., Soares N., Martins J., Silva M. International competitiveness of exports of forest products. *Revista Ciência Rural*.
DOI: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220137>
19. Sujová A., Hlaváčková P., Marcinek K. Evaluating the competitiveness of wood processing industry // ResearchGate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/290523438>
20. Magezi H., Okan T. Competitiveness analysis of forest products trade between Turkey and European Union countries // ResearchGate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/338196280>
21. STAN Indicators collection of calculation formula // OECD STI/EAS. URL: <https://web-archive.oecd.org/2012-06-14/97845-47447210.pdf>
22. Hubarieva I. O., Poliakova O. Y., Shlykova V. O., Kostenko D. M., Buka S. Development and Increasing the Value Added Scenarios for the Woodworking Industry of Ukraine in the Context of the Circular Economy. In: Semenov A.,

Yepifanova I., Kajanová J. (eds). *Data-Centric Business and Applications*. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2024. Vol. 194. P. 245–268.

23. Кизим М. О., Губарева І. О., Іляш О. І. Оцінка енергетичного потенціалу деревообробної промисловості України та країн світу. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2025. № 4. С. 280–284.

DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-55>

24. Ilyash O., Chernousova Zh., Fartushnyi I., Sachenko A. Causal-econometric modelling of the relationships between gross value added and production factors in the development of Ukraine's manufacturing. *Economic Analysis*. 2025. Vol. 35. No. 1. P. 38–48.

DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.01.038>

25. Лавренюк О. А. Аналіз системи конкурентоспроможності лісового комплексу України. *Agroecological Journal*. 2023. No. 4. P. 116–122.

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293811>

26. Data centre // UNCTAD STAT. URL: <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/>

27. Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти : монографія / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми : СумДУ, 2023. 313 с. URL:

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/94661>

28. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 114.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

29. Genovese A., Acquaye A. A., Figueroa A., Koh S. C. L. Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*. 2017. Vol. 66. P. 344–357.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015>

30. Bocken N. M. P., Bakker C., De Pauw I. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. 2016. Vol. 1015. No. 20.

DOI: <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

31. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. 2017. No. 127. P. 221–232.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

32. Mentink V. Circular business model innovation: a process framework and a tool for business model innovation in a circular economy. Master's thesis. University of Leiden, NL. URL: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ac2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621>

33. Gavkalova N., Martin J., Shmygol N. Innovative circular business model as a tool for applying rational consumption of the natural resource landscape. *Frontiers in Environmental Economics*. 2025. Vol. 4.

DOI: <https://doi.org/10.3389/frevc.2025.1559124>

34. Руда М. В., Мирка Я. В. Циркулярні бізнес-моделі в Україні. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2020. Т. 2. № 1. С. 107–121.

DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2020.01.107>

35. Linder M., Williander M. Circular business model innovation: inherent uncertainties. *Business Strategy and the Environment*. 2015. Vol. 26. No. 2. P. 182–196.

DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.1906>

36. Кузьома В. В., Співак В. В. Циркулярні бізнес-моделі у агропродовольчій сфері: елементи, драйвери створення і перспективи застосування // KPI Repository.

DOI: <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2024.03.02>

37. Thompson M. K., Moroni G., Vaneker T., Ahuja B., Martina F. Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints. *CIRP Annals Manufacturing Technology*. 2016. Vol. 65. No. 2.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.05.004>

38. Rizos V., Behrens A., van der Gaast W., Hirschnitz-Garbers M., Topi C. Implementation of circular economy business models by small and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability Switzerland*. 2016. Vol. 8. No. 11. P. 1212.

DOI: <https://doi.org/10.3390/su8111212>

39. Ceschin F., Gaziulusoy I. Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. *Design Studies*. 2016. Vol. 47.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2016.09.002>

40. Бурлуцька С. В., Дідашко Ю. І. Циркулярна економіка в контексті сталого розвитку. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2021. Т. 27. № 6. С. 55–64.

DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2021-27-6-7>

41. 5 circular economy business models that offer a competitive advantage // World Economic Forum. URL: <https://www.weforum.org/agenda/2022/01/5-circular-economy-business-models-competitive-advantage/>

42. Circular business models // OECD iLibrary. 2019. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/e59f8dd6-en/index.html?itemId=/content/component/e59f8dd6-en>

43. Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe // Ellen MacArthur Foundation. 2015. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf

44. Accenture Strategy: Circular Advantage – Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World Without Limits to Grow // Accenture. URL:

https://www.accenture.com/t20150523t053139__w__/usen/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accenture-circular-advantageinnovative-business-models-technologies-value-growth.pdf

45. Подра О. П., Горошко Ю. В. Циркулярні моделі управління розвитком бізнесу: проблеми та перспективи в Україні. *Бізнес Інформ*. 2022. № 11. С. 231–236.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-11-231-236>

46. Миценко І. М., Хаджинов І. В. Концепції кругових бізнес-моделей ключових європейських компаній. *Економіка і організація управління*. 2022. № 1(45). С. 25–29.

DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2022.1.3>

47. Ковтун Т. А., Крупська О. С. Впровадження бізнес-моделей циркулярної економіки – шлях до сталого розвитку. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2025. Т. 2(91). С. 117–131.

DOI: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2025-2-117-134>

48. Sobko O., Gavkalova N., Kurbatska L., Boichyk V., Krysovaty I. Green Entrepreneurship Strategies: Integrating Eco-Friendly Energy Technologies with the Digital Economy. *Grassroots Journal of Natural Resources*. 2024. Vol. 7. No. 3. P. 92–114. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/12292>

49. Прохорова В. В., Шкуренко О. В., Кравченко О. О., Мягких І. М., Далик В. П., Костюк О. С., Маковоз О. В. Розробка моделі оцінки ефективності циркулярних трансформацій в контексті трансферу технологій. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Т. 3(13(129)). С. 100–112.

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.303992>

50. Трушкіна Н. В. Циркулярна економіка: становлення концепції, еволюція розвитку, бар'єри, проблеми і перспективи. *Вісник економічної науки України*. 2021. № 1. С. 9–20. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001265455>

51. Черевко Г., Коцай В. Циркулярна економіка, соціальна відповідальність та конкурентоспроможність підприємства. *Аграрна економіка*. 2023. Т. 16. № 3–4. С. 15–26.

DOI: <https://doi.org/10.31734/agrarecon2023.03-04.015>

52. Швець А. І. Циркулярна економіка як нова модель розвитку економіки України в процесі євроінтеграції. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2022. № 1. С. 43–49.

DOI: <https://doi.org/10.33271/ebdut/77.043>

53. Васильєва О. О., Домашенко С. В., Гіль Л. А. Циркулярні бізнес-моделі: бар'єри застосування та поведінка споживачів. *Економіка та суспільство*. 2024. № 70. URL:

<https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/5387/5329>

54. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 00.00.2019 № 2697-19. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

55. Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 00.00.2021 № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-p#Text>

56. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Обґрунтування стратегічних напрямів розвитку деревообробної промисловості країн світу. *Проблеми економіки*. 2022. № 3. С. 4–11.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-4-11>

57. Губарева І. О., Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка конкурентоспроможності ЛПК України та країн світу в контексті доданої вартості. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-47>

58. Губарева І. О., Колбасін Є. С., Філатова Т. А., Юденко Є. В., Перепеліцин Г. Б. Ідентифікація кластерів лісопромислового комплексу в регіонах України. *Бізнес Інформ*. 2024. № 11. С. 140–154.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-11-140-154>

59. Губарева І. О., Перепеліцин Г. Б., Марущенко О. О. Цифровізація бізнес-процесів підприємства. *Modernization of today's science: experience and trends* : collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, August 18, 2024. Singapore : International Center of Scientific Research. С. 15–17.

60. Губарева І. О., Перепеліцин Г. Б. Сценарії розвитку деревообробної промисловості України у повоєнний період. *Тенденції та перспективи розвитку менеджменту в умовах глобальних викликів* : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (30 травня 2025 р., м. Херсон – Кропивницький). 2025. С. 170–172.

61. Hubarieva, I., Poliakova, O., Kriachko, Y., Kharchenko, R., Perepelitsyn, G. (2027). Increasing the Efficiency of Using the Energy Potential of Wood: Solutions for Ukraine. In: Zaporozhets, A. (eds) *Systems, Decision and Control in Energy VIII. Studies in Systems, Decision and Control*, vol 688. Springer, Cham.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вдосконалено теоретико-методичне забезпечення та розроблено практичні рекомендації щодо управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки. Проведене в роботі дослідження дозволило отримати низку взаємопов'язаних результатів різного рівня новизни: методичного, теоретичного й емпіричного.

На теоретичному рівні одержано такі наукові результати:

1. Узагальнено теоретичні підходи до визначення сутності понять: циркулярна економіка, циркулярний підхід, замкнені цикли, промисловий симбіоз, циркулярна бізнес-модель, вторинна сировина, екодизайн, що дало змогу встановити взаємозв'язок між ними.

2. Визначено, що циркулярна економіка виступає не лише концептуальним продовженням ідей сталого розвитку, а й практичним інструментом їх реалізації у деревообробній галузі.

3. Визначено, що стратегічні орієнтири розвитку деревообробної галузі реалізуються через циркулярний підхід шляхом впровадження циркулярних бізнес-моделей і технологічних рішень.

4. Доведено доцільність впровадження каскадування у деревообробній галузі. Узагальнено чинники, що впливають на впровадження каскадно-циркулярної моделі в деревообробній галузі: політичні, економічні, технологічні та екологічні.

5. Підтверджено гіпотезу, що удосконалення управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки повинно відбуватися як на матеріальному, так і на енергетичному каскаді шляхом впровадження циркулярних бізнес-моделей, покращення переробки відходів деревини, збільшення виробництва продукції, яка є конкурентоспроможною на

зовнішньому ринку.

6. Визначено, що в Україні необхідно інтенсифікувати переробку відходів з деревини на найнижчому (енергетичному) каскаді, що дозволить забезпечити енергетичну безпеку та децентралізацію генерації, а також зменшити обсяги відходів, що утилізуються на звалищах.

7. Запропоновано виробничо-продуктову схему циркулярного підходу в деревообробній промисловості України, яка містить усі етапи переробки деревини: заготівлю деревини, первинну та вторинну переробку, спалювання та отримання теплової енергії.

8. Запропоновано структурно-логічну схему оцінки конкурентних переваг продукції деревообробної галузі країни.

9. Узагальнено особливості застосування циркулярних бізнес-моделей: циркулярних ланцюгів постачання, відновлення ресурсів, подовження життєвого циклу продукту, платформи спільного використання, «продукт як послуга», дизайну без відходів. Здійснено класифікацію циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі за типом каскаду.

10. Визначено, що ключовими бар'єрами, що стримують формування циркулярних бізнес-моделей у деревообробній галузі України, є: нормативно-правові, технічні, економічні, соціально-культурні.

11. Розроблено структурно-логічну схему оцінки стану деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадної циркулярності, яка поєднує такі елементи: ресурси, матеріали, первинну переробку деревини, вторинну переробку деревини, енергетичне використання біомаси.

12. Визначено, що для досягнення високого рівня розвитку вторинної переробки Україна має розвивати інфраструктуру вторинного збору та переробки деревини.

13. Визначено, що деревообробна галузь України має досить високий рівень показників, що характеризують початок каскадного використання деревини, проте має низький рівень показників етапу вторинної переробки. Перехід деревообробної галузі України до повноцінної каскадної моделі

потребує структурного збалансування та підвищення ефективності використання ресурсів, зокрема шляхом збільшення частки матеріального використання, поглиблення переробки та підвищення частки залучення вторинних ресурсів у виробництво.

На методичному рівні отримано такі основні наукові результати:

1. З метою формалізації процесу прийняття управлінських рішень щодо впровадження каскадно-циркулярного підходу у деревообробній галузі запропоновано організаційний підхід, що містить такі етапи: ідентифікацію основних змістовних детермінант циркулярності в деревообробній галузі; оцінювання рівня розвитку деревообробної галузі України та країн світу на засадах каскадно-циркулярного підходу; визначення пріоритетних напрямів розвитку деревообробної галузі України у повоєнний період.

2. Запропоновано організаційний підхід до формування напрямів підвищення використання деревини як джерела енергії в Україні, який включає послідовність етапів: оцінку стану світового лісового господарства, визначення ступеня використання енергетичного потенціалу деревини у світі та Україні, розробку сценарію підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні.

3. Удосконалено методичний підхід до визначення напрямів інтенсифікації переробки відходів з деревини, який ґрунтується на розробленому сценарії підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні та дає змогу оптимізувати баланс залучення відходів з деревини в енергетичні та матеріальні цикли.

4. Дістав подальшого розвитку методичний інструментарій для обґрунтування структурних трансформацій деревообробної галузі, що ґрунтується на виробничо-продуктивній схемі циркулярного підходу, передбачає інтегральну оцінку конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн світу, а також розрахунок індексів RCA та СТВ у розрізі рівнів каскадного використання деревини.

5. Отримав подальшого розвитку методичний підхід до інтегральної оцінки рівня каскадності деревообробної галузі країн світу, який передбачає її проведення за такими складовими: сталість ресурсної бази, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси, що дає змогу визначити диспропорції між матеріальними та енергетичними каскадами в деревообробній галузі.

6. Розроблено методичний підхід до обґрунтування напрямів структурних перетворень в деревообробній галузі України, що поєднує міжгалузеве моделювання, матричний аналіз прямих і повних витрат та операціоналізацію R–принципів циркулярної економіки, що дозволяє обґрунтувати напрями структурних змін, які здатні забезпечити випереджальне зростання валової доданої вартості без нарощування системного ресурсного навантаження, що визначає його наукову та прикладну значущість.

На емпіричному рівні одержано такі наукові результати:

1. Проведений бібліометричний аналіз публікацій, індексованих у базі даних Scopus, із використанням інструментарію VOSviewer v. 1.6.20 дозволив виокремити основні кластери публікацій у сфері управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки: сталий розвиток і циркулярна економіка, технології, енергетичний перехід, управління. Найбільш вживаними ключовими словами в публікаціях з управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки є: деревина, біомаса, деревні відходи, сталий розвиток, циркулярна економіка, життєвий цикл, ефективність.

2. Результати бібліометричного аналізу дозволили виявити контекстуальні та часові закономірності розвитку представлення в науковій літературі досліджень з проблеми циркулярної економіки; обґрунтувати актуальність досліджень у сфері впровадження каскадного використання деревини, покращення переробки відходів з деревини, формування циркулярних

бізнес-моделей, підвищення конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі.

3. Порівняння динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної галузі за показниками: обсяг виробництва, експорт, імпорт, внутрішнє споживання, експортоорієнтованість та імпортозалежність дало змогу виявити, що за аналізований період відбулося суттєве зниження обсягів ринків продукції деревообробної галузі України з низькою часткою доданої вартості та помірне зростання обсягів ринків продукції з високою часткою доданої вартості.

4. Із використанням бібліометричного аналізу ідентифіковано основні змістовні детермінанти управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки. Найбільш вживаними ключовими словами в публікаціях з даного напрямку досліджень є: деревина, біомаса, деревні відходи, сталий розвиток, циркулярна економіка, життєвий цикл, ефективність. Сформовано чотири тематичні кластери досліджень: сталий розвиток і циркулярна економіка, технології, енергетичний перехід, управління й економічні ефективність, управління та ефективність. Країнами-лідерами за кількістю публікацій у цій сфері є: Китай, Індія, США.

5. Часова візуалізація тематичної еволюції досліджень з управління розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки показала, що раніше актуальними були дослідження, пов'язані з деревиною, лісовою галуззю, впливом на екологію. На сьогодні науковці зосередили увагу на переробці відходів, виробництві біовугілля, біоетанолу, біогазу. Це засвідчило перехід до більш технологічно насиченого дискурсу енергетичного використання деревини.

7. Аналіз світової динаміки лісозаготівлі, лісопереробки та використання деревини як палива виявив розбіжності у світових тенденціях щодо темпів зміни частки виробництва паливної деревини, деревних пелет і брикетів.

8. Сформовано сценарій підвищення використання паливного потенціалу деревини в Україні. Визначено, що реалізація сценарію місцевої переробки паливної деревини та відходів лісопильного й деревообробного

виробництва на паливні пелети, брикети та інші агломерати сприяє підвищенню енергетичної безпеки, створює додаткові робочі місця та розвиває малий бізнес.

9. За результатами оцінки конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України в розрізі каскадного використання деревини зроблено висновок, що продукція деревообробної галузі країни є конкурентоспроможною на зовнішніх ринках (11-те місце серед 36 досліджуваних країн світу). Однак досягнутий рівень конкурентоспроможності продукції деревообробної галузі України ґрунтується на високих рівнях конкурентоспроможності продукції, що входить до низького та середнього рівнів каскадного використання деревини.

10. Аналіз стану деревообробної галузі показав, що структура використання деревини в Україні залишається переважно сировинно-енергетичною: понад половину всієї заготовленої деревини (54,5 %, 6-те місце серед 36 досліджуваних країн світу) використовується як паливо, що спричиняє значну втрату потенційної доданої вартості на нижчих етапах каскаду.

11. Оцінка рівня первинної переробки деревини в Україні та країнах світу показала, що Україна входить до першої десятки досліджуваних країн за показниками частки пиловника і фанерного кряжу, частки пиломатеріалів та частки шпону, що свідчить про розвинений сегмент первинної механічної обробки.

12. В Україні фактично не здійснюється вторинне використання деревини. Результати оцінки стану вторинної переробки деревини в Україні та країнах світу показали, що Україна перебуває на досить низькому рівні вторинної переробки, порівняно з іншими досліджуваними країнами.

13. У сфері енергетичного використання деревини Україна є лідером серед досліджуваних країн за показником частки деревних брикетів та інших агломератів, а також займає середні позиції за показниками частки деревного вугілля та деревних пелет. Досить високий загальний рівень показників енергетичного використання деревини в країні свідчить про активну переробку

залишків виробництва, але переважно з використанням простих технологічних способів.

14. Здійснено інтегральну оцінку рівня каскадності деревообробної галузі України та країн світу. Україна зі значенням інтегрального показника 0,2870 посіла 24-те місце серед 36 досліджуваних країн, та увійшла до групи країн із низьким рівнем каскадності деревообробної галузі. Найкращі позиції Україна мала за компонентою «Енергетичне використання біомаси», та низькі позиції – «Сталість ресурсної бази», «Ефективність первинної переробки» та «Використання вторинної та рекуперованої сировини».

15. Обґрунтовано напрями структурної трансформації деревообробної галузі України.

16. Сформовано матриці повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі України.

Отже, відповідно до поставленої мети та наукових і науково-практичних завдань у дослідженні було узагальнено теоретичні підходи до впровадження циркулярності в деревообробній галузі; оцінено стан деревообробної галузі України та країн світу; здійснено інтегральну оцінку рівня каскадності деревообробної галузі країн світу; визначено шляхи підвищення використання відходів з деревини; оцінено конкурентоспроможність продукції деревообробної галузі країни в розрізі рівнів каскадного використання деревини; визначено проблеми та перспективи впровадження циркулярних бізнес-моделей в деревообробній галузі; обґрунтовано пріоритети розвитку управління деревообробною галуззю на засадах циркулярної економіки.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1

Показники деревообробної галузі України та країн світу в 2024 р.

Країна	Показник		Частка лісів у загальній площі, %		Середньорічний темпу приросту площі лісів (2015–2025 рр.), %		Частка лісів під незалежними системами сертифікації управління лісами, %		Частка промислової круглої деревини у круглій деревині, %	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
Австралія	17,36	32	0,08	22	12,97	26	85,56	9		
Австрія	47,31	10	0,07	25	86,59	2	72,12	18		
Бельгія	21,99	30	-0,28	35	43,96	20	82,87	12		
Бразилія	58,16	6	-0,59	36	2,04	34	60,16	24		
Болгарія	36,47	17	0,32	9	65,69	8	56,92	26		
Канада	41,97	11	0,02	28	44,34	19	98,96	1		
Китай	24,10	28	0,77	3	2,61	32	56,72	27		
Чехія	38,47	13	0,26	13	60,04	10	81,75	13		
Данія	16,06	33	0,29	11	54,47	12	46,35	30		
Естонія	57,69	7	0,18	15	71,25	7	59,17	25		
Фінляндія	74,16	1	0,06	26	86,79	1	84,77	10		
Франція	33,02	21	0,56	4	32,40	21	49,56	29		
Німеччина	32,86	22	0,04	27	79,21	4	66,77	21		
Греція	36,95	15	1,51	1	0,00	36	33,48	32		
Угорщина	22,87	29	0,13	17	23,58	23	54,65	28		
Індія	24,46	27	0,27	12	0,86	35	14,39	36		
Ірландія	12,09	35	0,99	2	56,08	11	93,93	4		
Італія	31,86	23	0,56	4	11,09	29	26,96	33		
Японія	68,32	3	-0,01	29	10,36	30	64,45	22		
Корея	64,34	4	-0,09	33	11,19	28	93,88	5		
Латвія	55,71	8	0,20	14	51,31	13	71,96	19		
Литва	35,40	18	0,13	17	77,96	5	72,25	17		
Мексика	34,09	19	-0,19	34	2,33	33	20,03	35		
Нідерланди	10,97	36	0,12	19	44,91	17	21,80	34		
Польща	31,00	24	0,08	22	76,54	6	85,87	8		
Португалія	36,71	16	0,15	16	18,23	24	77,08	15		
Румунія	30,24	25	0,08	22	50,21	14	61,36	23		
Росія	50,84	9	0,11	20	8,51	31	93,98	3		
Словаччина	40,36	12	0,10	21	60,24	9	94,60	2		
Словенія	61,76	5	-0,04	31	24,64	22	69,51	20		
Іспанія	38,29	14	0,30	10	16,49	25	80,38	14		
Швеція	68,59	2	-0,02	30	80,44	3	92,06	6		
Туреччина	29,63	26	0,53	6	44,38	18	86,62	7		
Україна	17,41	31	0,39	7	47,36	16	45,52	31		
Велика Британія	13,55	34	0,38	8	49,62	15	76,68	16		
США	33,77	20	-0,04	31	12,91	27	83,29	11		

Продовження табл. А.1

Країна \ Показник	Частка паливної деревини у круглій деревині, %		Частка пиловника і фанерного кряжу у промисловій круглій деревині, %		Частка пиломатеріалів у пиловнику і фанерному кряжу, %		Частка шпону у пиловнику і фанерному кряжу, %	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
Австралія	14,44	28	39,55	30	40,69	27	1,24	12
Австрія	27,88	19	77,50	6	86,69	3	0,07	31
Бельгія	17,13	25	65,18	17	47,59	20	1,21	14
Бразилія	39,84	13	33,51	33	14,56	36	0,82	21
Болгарія	43,08	11	49,82	24	44,26	21	0,92	19
Канада	1,04	36	86,58	3	35,53	29	0,58	23
Китай	43,28	10	49,43	25	64,35	8	2,86	6
Чехія	18,25	24	65,27	16	49,80	16	0,29	28
Данія	53,65	7	60,07	20	25,80	34	7,45	1
Естонія	40,83	12	60,50	19	41,69	26	4,07	4
Фінляндія	15,23	27	47,09	28	42,67	25	0,98	17
Франція	50,44	8	62,99	18	51,51	14	1,05	16
Німеччина	33,23	16	78,22	5	62,78	9	0,30	27
Греція	66,52	5	85,79	4	31,10	31	0,00	32
Угорщина	45,35	9	40,95	29	30,71	32	1,79	8
Індія	85,61	1	96,56	1	49,79	17	0,60	22
Ірландія	6,07	33	69,02	12	40,21	28	0,00	32
Італія	73,04	4	67,01	15	71,06	5	0,89	20
Японія	35,55	15	72,82	10	49,09	18	0,37	26
Корея	6,12	32	20,77	35	235,95	1	1,52	10
Латвія	28,04	18	47,62	27	53,89	12	0,00	32
Литва	27,75	20	68,23	14	43,24	24	1,99	7
Мексика	79,97	2	89,71	2	79,68	4	7,08	2
Нідерланди	78,20	3	32,52	34	67,78	6	0,00	32
Польща	14,13	29	48,55	26	23,65	35	0,19	29
Португалія	22,92	22	14,46	36	59,53	11	1,23	13
Румунія	38,64	14	77,25	7	51,07	15	1,65	9
Росія	6,02	34	68,78	13	28,01	33	1,19	15
Словаччина	5,40	35	54,45	21	33,16	30	0,49	25
Словенія	30,49	17	72,88	9	48,03	19	0,96	18
Іспанія	19,62	23	39,23	31	43,87	22	0,52	24
Швеція	7,94	31	53,00	23	52,03	13	0,17	30
Туреччина	13,38	30	37,38	32	108,73	2	4,03	5
Україна	54,48	6	73,33	8	64,42	7	4,35	3
Велика Британія	23,32	21	71,11	11	59,77	10	0,00	32
США	16,71	26	54,05	22	43,80	23	1,27	11

Продовження табл. А.1

Країна	Показник		Частка балансової деревини у промисловій круглій деревині, %		Частка тріски і стружки у промисловій круглій деревині, %		Частка фанери в деревних плитах, %		Частка OSB в деревних плитах, %	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
Австралія	56,97	5	13,71	21	10,39	18	0,00	20		
Австрія	22,50	25	25,33	8	5,79	25	0,00	20		
Бельгія	30,81	20	18,87	13	3,91	30	20,85	8		
Бразилія	61,16	2	6,82	29	25,76	8	1,65	18		
Болгарія	49,04	11	3,93	33	1,83	31	16,69	10		
Канада	11,79	31	11,92	23	13,90	13	63,18	1		
Китай	22,45	26	23,25	10	34,56	6	8,40	14		
Чехія	33,99	18	6,11	31	12,63	15	33,68	6		
Данія	21,38	28	9,43	26	0,00	33	0,00	20		
Естонія	38,76	16	28,88	5	84,65	2	0,00	20		
Фінляндія	52,91	8	15,75	19	90,44	1	0,00	20		
Франція	34,70	17	28,89	4	5,73	26	8,03	15		
Німеччина	21,51	27	21,93	12	0,80	32	12,40	13		
Греція	0,00	36	0,66	35	7,26	22	0,00	20		
Угорщина	41,14	15	23,60	9	4,43	29	42,73	3		
Індія	2,67	35	0,00	36	68,33	3	0,00	20		
Ірландія	27,81	21	17,93	15	0,00	33	36,69	5		
Італія	20,35	29	50,00	1	12,52	16	1,87	17		
Японія	17,37	30	18,43	14	63,23	4	0,00	20		
Корея	56,31	6	28,93	3	9,16	19	0,00	20		
Латвія	49,35	10	42,37	2	22,03	9	48,07	2		
Литва	31,77	19	22,40	11	6,00	24	0,00	20		
Мексика	7,24	33	6,10	32	20,18	10	0,00	20		
Нідерланди	60,84	3	16,09	18	0,00	33	0,00	20		
Польща	49,64	9	8,76	28	4,65	28	7,28	16		
Португалія	83,10	1	16,79	17	9,15	20	0,00	20		
Румунія	11,74	32	1,62	34	6,41	23	28,73	7		
Росія	26,49	22	6,12	30	20,07	11	12,51	12		
Словаччина	44,79	13	9,64	25	11,47	17	0,00	20		
Словенія	25,16	23	27,04	6	43,78	5	0,00	20		
Іспанія	55,49	7	15,08	20	8,78	21	0,00	20		
Швеція	46,53	12	17,04	16	13,04	14	0,00	20		
Туреччина	58,46	4	13,12	22	5,12	27	0,64	19		
Україна	4,15	34	9,22	27	15,23	12	15,79	11		
Велика Британія	22,58	24	26,57	7	0,00	33	20,52	9		
США	42,31	14	9,98	24	27,13	7	40,76	4		

Продовження табл. А.1

Країна \ Показник	Частка деревостружкових плит в деревних плитах, %		Частка дерево-волокнистих плит в деревних плитах, %		Частка відновленої деревини у загальному обсязі вторинної сировини, %		Частка відходів у промисловій круглій деревині, %	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
Австралія	54,97	16	34,64	10	0,00	28	37,05	4
Австрія	80,48	5	13,73	23	22,74	14	22,91	8
Бельгія	62,30	11	12,95	24	57,00	6	6,52	23
Бразилія	25,37	26	47,22	5	0,00	28	9,57	17
Болгарія	70,56	7	10,92	25	0,00	28	0,00	32
Канада	12,49	30	10,43	26	0,00	28	7,64	22
Китай	29,44	24	27,60	12	10,26	19	54,47	2
Чехія	51,58	17	2,11	31	39,29	11	3,92	30
Данія	99,27	1	0,73	32	69,76	3	0,00	32
Естонія	0,02	33	15,33	21	7,64	22	40,77	3
Фінляндія	5,27	32	4,29	30	7,76	21	8,52	19
Франція	64,31	10	21,93	17	55,05	8	24,40	7
Німеччина	46,67	19	40,13	7	55,19	7	11,49	15
Греція	69,22	8	23,52	14	27,58	12	16,83	9
Угорщина	20,13	28	32,72	11	0,00	28	0,66	31
Індія	8,97	31	22,70	16	0,00	28	0,00	32
Ірландія	0,00	34	63,31	2	45,10	9	6,29	25
Італія	66,65	9	18,96	19	68,02	4	0,00	32
Японія	22,31	27	14,46	22	22,61	15	11,35	16
Корея	27,01	25	63,83	1	67,14	5	8,13	21
Латвія	29,89	23	0,00	33	2,18	27	14,17	12
Литва	88,56	2	5,45	29	3,40	25	14,93	11
Мексика	73,57	6	6,24	28	0,00	28	0,00	32
Нідерланди	0,00	34	0,00	33	80,22	1	133,86	1
Польща	47,81	18	40,26	6	9,58	20	28,33	6
Португалія	55,20	15	35,65	9	23,51	13	6,49	24
Румунія	39,49	21	25,37	13	4,66	24	31,27	5
Росія	44,67	20	22,75	15	0,00	28	5,18	27
Словаччина	88,53	3	0,00	33	15,03	18	4,95	28
Словенія	0,00	34	56,22	4	6,35	23	16,41	10
Іспанія	55,55	14	35,66	8	21,14	17	11,95	14
Швеція	86,96	4	0,00	33	44,65	10	8,29	20
Туреччина	36,66	22	57,58	3	2,57	26	5,51	26
Україна	60,00	12	8,98	27	0,00	28	12,04	13
Велика Британія	59,74	13	19,74	18	80,07	2	8,86	18
США	14,77	29	17,34	20	22,24	16	4,32	29

Продовження табл. А.1

Країна \ Показник	Частка деревного вугілля в енергетичному використанні деревини, %		Частка деревних пелет в енергетичному використанні деревини, %		Частка деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини, %	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг	Значення	Ранг
Австралія	3,46	8	4,94	30	0,01	24
Австрія	0,06	25	40,27	7	0,94	15
Бельгія	0,00	27	60,68	3	0,00	25
Бразилія	24,10	1	0,84	34	0,23	21
Болгарія	0,29	22	14,32	24	1,62	14
Канада	0,00	27	83,22	2	3,11	11
Китай	5,84	5	1,19	33	0,02	23
Чехія	0,52	18	22,24	17	5,38	5
Данія	0,00	27	15,68	21	0,00	25
Естонія	0,00	27	41,45	6	0,65	16
Фінляндія	0,00	27	6,56	28	0,00	25
Франція	1,02	14	14,59	23	1,81	13
Німеччина	0,54	17	24,10	14	3,37	10
Греція	0,00	27	17,00	19	0,00	25
Угорщина	0,00	27	5,56	29	0,32	19
Індія	5,44	7	0,00	36	0,00	25
Ірландія	0,00	27	25,31	13	0,00	25
Італія	0,50	19	7,78	27	0,31	20
Японія	0,47	20	2,62	31	0,00	25
Корея	1,38	12	87,99	1	0,00	25
Латвія	0,38	21	46,61	5	5,19	6
Литва	0,00	27	35,98	8	4,22	7
Мексика	1,53	11	0,02	35	0,00	25
Нідерланди	0,00	27	16,74	20	8,03	2
Польща	5,87	4	27,73	10	3,81	8
Португалія	1,06	13	25,89	12	0,00	25
Румунія	0,03	26	11,47	25	0,64	17
Росія	2,10	9	15,20	22	2,29	12
Словаччина	2,06	10	52,10	4	6,75	3
Словенія	0,23	23	20,10	18	0,50	18
Іспанія	10,22	2	27,17	11	3,71	9
Швеція	0,12	24	35,27	9	5,77	4
Туреччина	0,71	16	1,84	32	0,00	25
Україна	7,54	3	9,67	26	9,16	1
Велика Британія	0,99	15	23,15	15	0,00	25
США	5,61	6	23,00	16	0,23	22

Джерело: сформовано автором на основі баз даних FRA та FAOSTAT

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1

Утворення відходів за джерелами в Україні у 2005–2020 рр., млн т

Показник	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Утворено відходів, усього	231,189	422,549	312,267	295,870	366,054	352,333	441,516	462,373
у тому числі								
Сільське, лісове та рибне господарство	2,593	8,304	8,736	8,715	6,188	5,968	6,750	5,315
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	161,817	347,442	257,861	237,461	313,738	301,448	390,563	391,077
Переробна промисловість	54,800	47,676	31,000	34,093	32,176	31,523	30,751	52,311
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	8,104	8,636	6,597	7,511	6,191	6,322	5,959	5,333
Будівництво	0,198	0,326	0,376	0,300	0,493	0,378	0,188	0,014
Інші види економічної діяльності	3,674	3,795	1,641	1,442	1,407	1,148	1,405	2,371
Обсяг збирання відходів від домогосподарств	...	6,367	6,053	6,346	5,858	5,543	5,896	5,949
Обсяг зібраних побутових та подібних відходів ¹			11,491	11,562	11,271	11,857	11,792	12,634

1 – Побутові та подібні відходи (ППВ) – відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках і не використовуються за місцем їх накопичення.

Джерело: складено за матеріалами [2–4]

Таблиця Б.2

Площа лісів і лісистість території України та країн світу у 2025 р.

Країна	Площа лісів, тис. га	Лісистість території, %
Австралія	133562	17,36
Австрія	3904	47,31
Бельгія	671	21,99
Бразилія	486087	58,16
Болгарія	3959	36,47
Канада	368819	41,97
Китай	227153	24,10
Чехія	2968	38,47
Данія	643	16,06
Естонія	2447	57,69
Фінляндія	22543	74,16
Франція	17795	33,02
Німеччина	11481	32,86
Греція	4763	36,95
Угорщина	2087	22,87
Індія	72739	24,46
Ірландія	833	12,09
Італія	9422	31,86
Японія	24908	68,32
Корея	13036	64,34
Латвія	3399	55,71
Литва	2216	35,40
Мексика	66266	34,09
Нідерланди	369	10,97
Польща	9495	31,00
Португалія	3363	36,71
Румунія	6957	30,24
Росія	832630	50,84
Словаччина	1940	40,36
Словенія	1244	61,76
Іспанія	19133	38,29
Швеція	27934	68,59
Туреччина	22806	29,63
Україна	10090	17,41
Велика Британія	3278	13,55
США	308895	33,77

Джерело: сформовано автором на основі баз даних FAOSTAT

ДОДАТОК В

Таблиця В.1

**Матриця повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі
України за 2015 р.**

Постачальник і ↓ / Споживач j →	1. ЛГ	2. ДГ	3. ХП	4. ГПВ	5. Е/е, газ	6. Торгівля	7. Транспорт	8. Харчова	9. Меблева	10. Держупр.	11. Інші галузі
1. ЛГ	1,381	0,166	0,042	0,029	0,013	0,053	0,014	0,275	0,030	0,027	0,017
2. ДГ	0,021	1,298	0,033	0,031	0,013	0,025	0,014	0,049	0,044	0,036	0,018
3. ХП	0,257	0,274	1,288	0,503	0,032	0,057	0,035	0,110	0,075	0,035	0,044
4. ГПВ	0,036	0,088	0,047	1,412	0,019	0,026	0,026	0,059	0,049	0,010	0,026
5. Е/е, газ	0,085	0,116	0,109	0,110	1,149	0,051	0,092	0,077	0,099	0,059	0,073
6. Торгівля	0,429	0,342	0,564	0,434	0,140	1,263	0,129	0,457	0,260	0,079	0,215
7. Транспорт	0,139	0,118	0,131	0,133	0,049	0,080	1,095	0,109	0,080	0,041	0,075
8. Харчова	0,016	0,006	0,007	0,005	0,003	0,010	0,003	1,067	0,004	0,007	0,005
9. Меблева	0,011	0,014	0,014	0,013	0,014	0,011	0,022	0,011	1,060	0,038	0,013
10. Держупр.	0,007	0,006	0,008	0,008	0,010	0,006	0,006	0,006	0,006	1,005	0,007
11. Інші галузі	0,530	0,462	0,527	0,495	0,705	0,398	0,519	0,407	0,504	0,269	1,143

Таблиця В.2

**Матриця повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі
України за 2017 р.**

Постачальник і ↓ / Споживач j →	1. ЛГ	2. ДГ	3. ХП	4. ГПВ	5. Е/е, газ	6. Торгівля	7. Транспорт	8. Харчова	9. Меблева	10. Держупр.	11. Інші галузі
1. ЛГ	1,381	0,166	0,042	0,029	0,013	0,053	0,014	0,275	0,030	0,027	0,017
2. ДГ	0,021	1,298	0,033	0,031	0,013	0,025	0,014	0,049	0,044	0,036	0,018
3. ХП	0,257	0,274	1,288	0,503	0,032	0,057	0,035	0,110	0,075	0,035	0,044
4. ГПВ	0,036	0,088	0,047	1,412	0,019	0,026	0,026	0,059	0,049	0,010	0,026
5. Е/е, газ	0,085	0,116	0,109	0,110	1,149	0,051	0,092	0,077	0,099	0,059	0,073
6. Торгівля	0,429	0,342	0,564	0,434	0,140	1,263	0,129	0,457	0,260	0,079	0,215
7. Транспорт	0,139	0,118	0,131	0,133	0,049	0,080	1,095	0,109	0,080	0,041	0,075
8. Харчова	0,016	0,006	0,007	0,005	0,003	0,010	0,003	1,067	0,004	0,007	0,005
9. Меблева	0,011	0,014	0,014	0,013	0,014	0,011	0,022	0,011	1,060	0,038	0,013
10. Держупр.	0,007	0,006	0,008	0,008	0,010	0,006	0,006	0,006	0,006	1,005	0,007
11. Інші галузі	0,530	0,462	0,527	0,495	0,705	0,398	0,519	0,407	0,504	0,269	1,143

Таблиця В.3

**Матриця повних витрат ресурсного циклу деревообробної галузі
України за 2021 р.**

Постачальник $i \downarrow$ / Споживач $j \rightarrow$	1. ЛГ	2. ДГ	3. ХП	4. ГПВ	5. Е/є, газ	6. Торгівля	7. Транспорт	8. Харчова	9. Меблева	10. Держупр.	11. Інші галузі
1. ЛГ	1,352	0,147	0,023	0,011	0,013	0,052	0,013	0,312	0,026	0,022	0,016
2. ДГ	0,021	1,365	0,031	0,028	0,011	0,026	0,012	0,041	0,065	0,031	0,016
3. ХП	0,221	0,215	1,348	0,422	0,029	0,051	0,021	0,089	0,061	0,032	0,031
4. ГПВ	0,041	0,121	0,051	1,486	0,021	0,022	0,021	0,064	0,051	0,009	0,022
5. Е/є, газ	0,112	0,148	0,121	0,112	1,221	0,061	0,084	0,081	0,121	0,064	0,061
6. Торгівля	0,412	0,321	0,481	0,381	0,121	1,211	0,112	0,412	0,214	0,071	0,181
7. Транспорт	0,154	0,131	0,121	0,112	0,051	0,071	1,121	0,101	0,091	0,041	0,061
8. Харчова	0,015	0,006	0,006	0,004	0,003	0,011	0,002	1,081	0,004	0,006	0,004
9. Меблева	0,012	0,016	0,012	0,011	0,014	0,011	0,021	0,011	1,141	0,041	0,011
10. Держупр.	0,006	0,005	0,007	0,006	0,011	0,005	0,005	0,006	0,006	1,008	0,006
11. Інші галузі	0,521	0,401	0,481	0,412	0,681	0,381	0,461	0,381	0,481	0,251	1,121

ДОДАТОК Г

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії:

1. Перепеліцин Г. Б. Аналіз контекстуальних і часових закономірностей розвитку поглядів на розвиток циркулярної економіки. Колективна монографія. Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти : монографія / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. Суми : Сумський державний університет, 2023. С. 124–132. (0,9 ум. друк. арк.).

Посилання: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e10b8ee5-ae0b-457a-adbe-29b15f997c76/content>

2. Hubarieva, I., Poliakova, O., Kriachko, Y., Kharchenko, R., **Perepelitsyn, G.** (2027). Increasing the Efficiency of Using the Energy Potential of Wood: Solutions for Ukraine. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy VIII. Studies in Systems, Decision and Control, vol 688. Springer, Cham. (1,0/0,3 друк. арк) (Scopus)

DOI: 10.1007/978-3-032-30580-0_15

Посилання: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-30580-0_15

Публікації в наукових виданнях України, що входять до переліку фахових видань:

3. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Обґрунтування стратегічних напрямів розвитку деревообробної промисловості країн світу. *Проблеми економіки*. 2022. № 3. С.4–11. (0,8/0,4 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2022-3-4-11>

Посилання: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2022-3_0-pages-4_11.pdf

4. Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка динаміки світового та українського ринків продукції деревообробної промисловості *Проблеми економіки*. 2023. № 1. С. 32-41. (0,8/0,4 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-1-32-41>

Посилання: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2023-1_0-pages-32_41.pdf

5. Гриценко Л. Л., Кожушко І. О., Чепурко В. О., Перепеліцин Г. Б. Ризик-орієнтоване управління в системі економічної безпеки корпоративного підприємства. *Бізнес Інформ*. 2023. № 8. С. 281–288. (0,9/0,2 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-8-281-288>

Посилання: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2023-8_0-pages-281_288.pdf

6. Губарева І. О., Крячко Є. М., Перепеліцин Г. Б. Оцінка конкурентоспроможності ЛПК України та країн світу в контексті доданої вартості. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. (0,9/0,3 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-47>

Посилання:

<https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4572>

7. Губарева І. О., Колбасін Є. С., Філатова Т. А., Юденко Є. В., Перепеліцин Г. Б. Ідентифікація кластерів лісопромислового комплексу в регіонах України. *Бізнес Інформ*. 2024. № 11. С. 140–154. (1,0/0,2 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-11-140-154>

Посилання: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2024-11_0-pages-140_154.pdf

8. Перепеліцин Г. Б. Оцінка рівня каскадного використання деревини в Україні та країнах світу. *Бізнес Інформ*. 2026. № 2. С. 167–178. (0,8 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-2-167-178>

Посилання: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2026-2_0-pages-167_178.pdf

Публікації апробаційного характеру:

9. Перепеліцин Г. Б. Стан і тенденції дослідження проблеми циркулярної економіки в світі // Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу : Міжнар. наук.-практ. конф., секція 1: Біоекономіка і соціальні виклики у формуванні продовольчої безпеки та якості життя (м. Київ, 25 трав. 2023 р.). Київ, 2023. С. 273–275. (0,3 ум. друк. арк.).

Посилання: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u381/sekciya_1.pdf

10. Губарева І. О., Перепеліцин Г. Б., Марущенко О. О. Цифровізація бізнес-процесів підприємства // Modernization of today's science: experience and trends : collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the VI International Scientific and Theoretical Conference, August 18, 2024. Singapore, Republic of Singapore : International Center of Scientific Research. С. 15–17. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-16.08.2024>

Посилання:

<https://previous.scientia.report/index.php/archive/issue/view/16.08.2024>

11. Перепеліцин Г. Б., Самойленко В. С., Марущенко О. О. Тенденції та напрями досліджень в сфері сталого розвитку // Science and society: modern trends in a changing world : Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Vienna, Austria. 2024. Р. 21–27. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: <https://sci-conf.com.ua/x-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-scienceand-society-modern-trends-in-a-changing-world-2-4-09-2024-viden-avstriya-arhiv/>

12. Колбасін Є. С., Перепеліцин Г. Б. Кластеризація лісопромислового комплексу в регіонах України // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (22 листоп. 2024 р., Харків). Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2024. С. 304–307. (0,3/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: https://www.business-inform.net/downloads/tezy-konkurentospromozhnist-ta-innovatsiji-11_2024.pdf

13. Губарева І. О., Перепеліцин Г. Б. Сценарії розвитку деревообробної промисловості України у повоєнний період // Тенденції та перспективи розвитку менеджменту в умовах глобальних викликів : матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (30 травня 2025 р., м. Херсон – Кропивницький). 2025. С. 170–172. (0,2/0,1 ум. друк. арк.).

Посилання: https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2025/08/IV_International_conf-2025_2.pdf

ДОДАТОК Д

**ОБ'ЄДНАННЯ ПРОМИСЛОВЦІВ І ПІДПРИЄМЦІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ-
РЕГІОНАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ ГРОМАДСЬКОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ
«УКРАЇНСЬКИЙ СОЮЗ ПРОМИСЛОВЦІВ І ПІДПРИЄМЦІВ»**



Україна
61010, м. Харків
пр.Гагаріна, 12
тел. (057)731-14-25
E-mail: hrv.uspp@gmail.com

р/р UA793006140000026003500337201 в
АТ „КРЕДІ АГРІКОЛЬ БАНК”
МФО 300614
ЄДРПОУ35860492

ХРВ УСПП

Вих. №
Від 25.05.2026

ДОВІДКА

про практичне використання в практичній роботі результатів дисертаційної роботи
Перепеліцина Г.Б. на тему «Теоретичні аспекти управління розвитком деревообробної
галузі України на засадах циркулярної економіки» на здобуття наукового ступеня доктора
філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент», галузі знань 07 «Управління та
адміністрування»

Наукові результати представлені Перепеліциним Григорієм Борисовичем в дисертації, зокрема, науково-практичні рекомендації щодо оптимізації бізнес-процесів у деревообробній промисловості в умовах циркулярної економіки, оцінки стану переробки деревних відходів в Україні та країнах світу та розроблені сценарії підвищення ефективності використання паливного потенціалу деревини в Україні використані в діяльності Об'єднання промисловців і підприємців Харківської області для розробки та законодавчого забезпечення напрямів стимулювання розвитку підприємництва.

Імплементація запропонованих рекомендацій дозволить покращити якість законодавчих ініціатив в сфері сталого соціально-економічного розвитку України, сприятиме забезпеченню енергетичної безпеки та стимулюванню розвитку підприємництва.

Довідка видана без фінансових зобов'язань перед автором.

**В.о. Голови, Виконавчий директор ОНП
в Харківській області – регіонального
відділення ВГО УСПП**



Е.Є.Набока



ТОВ «Кроноспан УА», вул. Луцька 20, м.
Нововолинськ,
Волинська область, Україна, 45400
Тел.: (+38 03344) 4 36 10, Факс: (+38 03344) 4 36 19
<http://www.kronospan-worldwide.com/>

№ 01/01/23
від 03.01.2023

ДОВІДКА

про використання в практичній роботі результатів та окремих пропозицій
Перепеліцина Григорія Борисовича, поданих в дисертації на здобуття
наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент» за
темою: «Теоретичні аспекти управління розвитком деревообробної галузі
України на засадах циркулярної економіки»

Дослідження та розробка практичних рекомендацій з управління
розвитком деревообробної галузі на засадах циркулярної економіки є
актуальним та необхідним завданням, яке сприятиме економічному
зростанню, забезпеченню сталого розвитку України. Особливо важливим є
врахування сучасних викликів, пов'язаних війсьними діями та необхідністю
відновлення країни.

Перепеліциним Г.Б. було реалізовано впровадження методичного
інструментарію до обґрунтування структурних трансформацій
деревообробної галузі, що ґрунтується на виробничо-продуктовій схемі
циркулярного підходу в деревообробній галузі і передбачає інтегральну оцінку
конкурентоспроможності видів продукції деревообробної галузі України та країн
світу та розрахунку індексів *RCA* та *CTB* в розрізі рівнів каскадного
використання деревини.

Впровадження даного методичного інструментарію сприяє більш
об'єктивній та комплексній оцінці розвитку деревообробної галузі, що є
важливим для розробки ефективних стратегій та політик у цій сфері.

Довідка видана без фінансових зобов'язань підприємства перед автором.

З повагою,

Технічний Директор ТОВ «КРОНОСПАН УА»



Бартломей КОЗЬОЛ



Вих. № А26-025 від 20.03.2026р.

ДОВІДКА

про використання в практичній роботі результатів дисертаційної роботи Перепеліцина Григорія Борисовича на тему: «Теоретичні аспекти управління розвитком деревообробної галузі України на засадах циркулярної економіки» на здобуття наукового ступені доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент» галузі знань 07 «Управління та адміністрування»

Науково-прикладні розробки, представлені Перепеліциним Григорієм Борисовичем в дисертації, а саме: методичний підхід до оцінювання каскадного використання деревини в контексті переходу до циркулярної економіки. Автором запропоновано систему показників для інтегрального оцінювання рівня каскадності деревообробної промисловості країн світу, які дозволяють оцінити сталість ресурсної бази для деревообробної промисловості, ефективність первинної переробки деревини, використання вторинної та рекуперованої сировини, енергетичне використання біомаси.

Пропоновані в дисертаційній роботі розробки є актуальними, враховують та пропонують шляхи вирішення нагальних проблем у сфері розвитку промисловості на засадах циркулярної економіки, засновані на аналізі сучасних наробок в цій сфері, враховують специфіку та проблеми діяльності деревообробної галузі, добре обґрунтовані, а також спрямовані на забезпечення енергетичної безпеки України.



Олексій Гавриленко
к.т.н., директор ТОВ "Е.М.А."