

ОЦІНКА СТАНУ ПЕРЕРОБКИ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ СВІТУ

©2026 ГУБАРЄВА І. О., КРЯЧКО Є. М., ПЕРЕПЕЛІЦІН Г. Б.

УДК 338.012
JEL: L73; O11

Губарева І. О., Крячко Є. М., Перепелицин Г. Б. Оцінка стану переробки деревних відходів в Україні та країнах світу

Метою статті є оцінка стану переробки деревних відходів в Україні та країнах світу. На основі бібліометричного аналізу публікацій, що проіндексовані у БД Scopus, узагальнено ключові тематичні напрями та часові закономірності розвитку наукового дискурсу щодо переробки деревних відходів. Визначено, що дослідження переробки деревних відходів мають міждисциплінарний характер і концентруються на перетині екологічних наук, енергетики, інженерії та бізнес-управління. Провідними країнами за кількістю публікацій є Китай, Індія, Велика Британія. Найбільш вживаними ключовими словами в публікаціях є: циркулярна економіка, сталий розвиток, сталість, біомаса, управління відходами, які найбільш точно відображають драйвери досліджень з даної проблематики. Доведено доцільність збільшення каскадного використання деревини в Україні. Оцінено стан переробки відходів з деревини в Україні та країнах світу при вторинній переробці деревини та енергетичному використанні біомаси з використанням таких показників: частка відновлюваної деревини в загальному обсязі вторинної сировини; частка відходів у промисловій круглій деревині; частка деревного вугілля в енергетичному використанні деревини; частка деревних пелет в енергетичному використанні деревини; частка деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини. Проведений аналіз показав, що деревообробна промисловість України має низький рівень показників вторинної переробки деревини. Однією з ключових перепон для збільшення переробки деревних відходів є додаткові витрати на сортування, впровадження технологічних рішень у бізнес-процеси та логістику. Запропоновано послідовність етапів переробки деревних відходів, яка включає відстеження на первісному етапі походження відходів, а в процесі подальшої переробки – рівень забруднення, токсичність, наявність заборонених компонентів, що дозволяє тримати повноцінну сировину для подальшого використання або виготовлення твердого біопалива, сприяє підвищенню рівня циркулярності деревообробної промисловості та забезпечення екологічної та енергетичної безпеки країни.

Ключові слова: деревні відходи; циркулярна економіка; каскадне використання деревини; вторинна переробка деревини; енергетичне використання біомаси.

Рис.: 6. Табл.: 2. Бібл.: 15.

Губарева Ірина Олегівна – доктор економічних наук, професор, заступник директора Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: gubarievairyna@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9002-5564>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/X-8156-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57190439486>

Крячко Євген Миколайович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник сектора промислової політики та інноваційного розвитку відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: krevmyk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-5548>

Перепелицин Григорій Борисович – аспірант Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: pgboris@in.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7821-7827>

UDC 338.012

JEL: L73; O11

Hubarieva I. O., Kriachko Y. M., Perepelitsyn H. B. Assessing the State of Wood Waste Recycling in Ukraine and the World

The aim of the article is to assess the state of wood waste recycling in Ukraine and the world. Based on a bibliometric analysis of publications indexed in the Scopus database, the key thematic directions and temporal patterns in the development of scientific discourse on wood waste recycling are summarized. It is determined that research on wood waste recycling is interdisciplinary in nature and focuses on the intersection of environmental sciences, energy, engineering, and business management. The leading countries in terms of the number of publications are China, India, and the United Kingdom. The most frequently used keywords in the relevant publications are: circular economy, sustainable development, sustainability, biomass, waste management, which most accurately reflect the drivers of research in this field. The feasibility of increasing the cascading use of wood in Ukraine is proved. The state of wood waste processing in Ukraine and other countries of the world was assessed for secondary wood processing and energy use of biomass using the following indicators: the share of renewable wood in the total volume of secondary raw materials; the share of waste in industrial roundwood; the share of charcoal in the energy use of wood; the share of wood pellets in the energy use of wood; the share of wood briquettes and other agglomerates in the energy use of wood. The analysis showed that Ukraine's woodworking industry has a low level of secondary wood processing indicators. One of the key obstacles to increasing the processing of wood waste is the additional costs of sorting, implementing technological solutions in business processes, and logistics. A sequence of stages for processing wood waste is proposed, which includes tracking the origin of the waste at the initial stage, and during further processing – the level of contamination, toxicity, and the presence of prohibited components, which allows obtaining complete raw materials for further use or production of solid biofuel, contributes to increasing the level of circularity in the wood processing industry, and ensures the country's environmental and energy security.

Keywords: wood waste; circular economy; cascade use of wood; secondary wood processing; energy use of biomass.

Fig.: 6. **Tabl.:** 2. **Bibl.:** 15.

Hubarieva Iryna O. – D. Sc. (Economics), Professor, Deputy Director of the Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: gubarievairyna@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9002-5564>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/X-8156-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57190439486>

Kriachko Yevhen M. – PhD (Economics), Senior Research Fellow of the Sector of Industrial Policy and Innovative Development of the Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: krevmyk@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-5548>

Perpelitsyn Hryhori B. – Postgraduate Student of the Research Centre for Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: pgboris@in.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7821-7827>

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, 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.

У деревообробній промисловості утворюються різні види відходів, побічних продуктів, які були отримані на різних етапах виробничого ланцюга: кускові (відходи меблевого виробництва, піддони, рейки), обрізки, вирізки, стружка, відсіви тріски технологічної, залишки кори, тирси та інші. Відходи деревообробної промисловості, відповідно до каскадного використання деревини, можуть бути сировиною для виробництва пелет, біомаси, деревних плит, біопалива тощо. Використання різних компонентів деревини (целюлози, геміцелюлози та лігніну) можуть замінити багато матеріалів на нафтовій основі. Незважаючи на це, найбільш поширеним способом утилізації деревних відходів в Україні залишається спалювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Про актуальність проблеми переробки відходів деревини свідчить публікаційна активність та цитування статей за даним напрямом досліджень у БД 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 року, 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 р. – 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. – пошук шляхів на вдосконалення переробки деревних відходів; 2025–2026 рр. – домінування міжгалузевих досліджень: впровадження інновацій, використання деревини як екологічного будівельного матеріалу, цифрові трансформації при переході до циркулярних бізнес-моделей, стійка біоенергетика. У табл. 1 представлено узагальнені бібліометричні характеристики публікацій, що проіндексовані в Scopus у сфері переробки деревних відходів.

Узагальнені бібліометричні характеристики публікацій (див. табл. 1) свідчать, що дослідження переробки деревних відходів мають міждисциплінарний характер і концентруються на перетині екологічних наук, енергетики, інженерії та бізнес-управління. Провідними країнами за кількістю публікацій є Китай, Індія, Велика Британія. Проблеми переробки деревних відходів активно досліджуються установами Китаю, Індонезії, Бразилії. Най-

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 авторами за даними Scopus.

більш вживаними ключовими словами в публікаціях є: циркулярна економіка; сталий розвиток; сталість; біомаса; управління відходами, які найбільш точно відображають драйвери досліджень з даної проблематики. Автором з найвищою продуктивністю в базі Scopus є Pantaleo A. M. (University of Bari Aldo Moro, Italy), який вивчає питання експлуатації мікротурбін на змішаному паливі (природний газ і біомаса) для комбінованого виробництва тепла та електроенергії [2].

Найбільш цитовані статті з проблем переробки деревних відходів, що проіндексовані у Scopus, зосереджені на переробці біомаси для отримання твердого палива. Так, статті Mohan D., Pittman C. U., Steel P. H. (2006) [3], Evans R. J., Milne T. A. (1987) [4] присвячені піролізу деревини (біомаси) для отримання біомасел і біопалива. Demirbas A. (2001) [5] зосередив увагу на визначенні об'єктів з переробки біомаси та технологіях перетворення біомаси на паливо та хімічні речовини. Вирішенню проблеми сталого та економічно ефективного використання лігноцелюлозної біомаси присвячена стаття Zavrel M. та ін. (2009) [6].

Метою статті є оцінка стану переробки деревних відходів в Україні та країнах світу.

Виклад основного матеріалу. Спосіб використання лісів у країнах світу значно відрізняється, що зумовлено лісистістю, рівнем попиту на деревину, обсягами споживання, розвитком вітчизняної деревообробної промисловості або торговель-

ними можливостями, а також нормативно-правовою базою у сфері управління лісами.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки лісів у загальній площі наведено на *рис. 1*.

З *рис. 1* видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки лісів у загальній площі було віднесено: Фінляндію – 74,16% (1 місце), Швецію – 68,59% (2 місце), Японію – 68,32% (3 місце), Корею – 64,34% (4 місце) та Словенію – 61,76% (5 місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Нідерланди – 10,97% (36 місце), Ірландію – 12,09% (35 місце), Велику Британію – 13,55% (34 місце), Данію – 16,06% (33 місце) та Австралію – 17,36% (32 місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки лісів у загальній площі 17,41% посіла 31 місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Україна належить до країн із низьким рівнем лісистості території. Водночас країна підтримує позитивний і відносно високий темп відновлення лісів порівняно з більшістю досліджуваних країн. Високий середньорічний темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр. спостерігається в таких країнах, як: Греція – 1,51%, Ірландія – 0,99%, Китай – 0,77%, Італія – 0,56% та Франція – 0,56%. Україна зі значенням показника середньорічного темпу приросту площі лісів у 2015–2025 рр. 0,39% посіла 7 місце серед 36 досліджуваних країн світу [7].

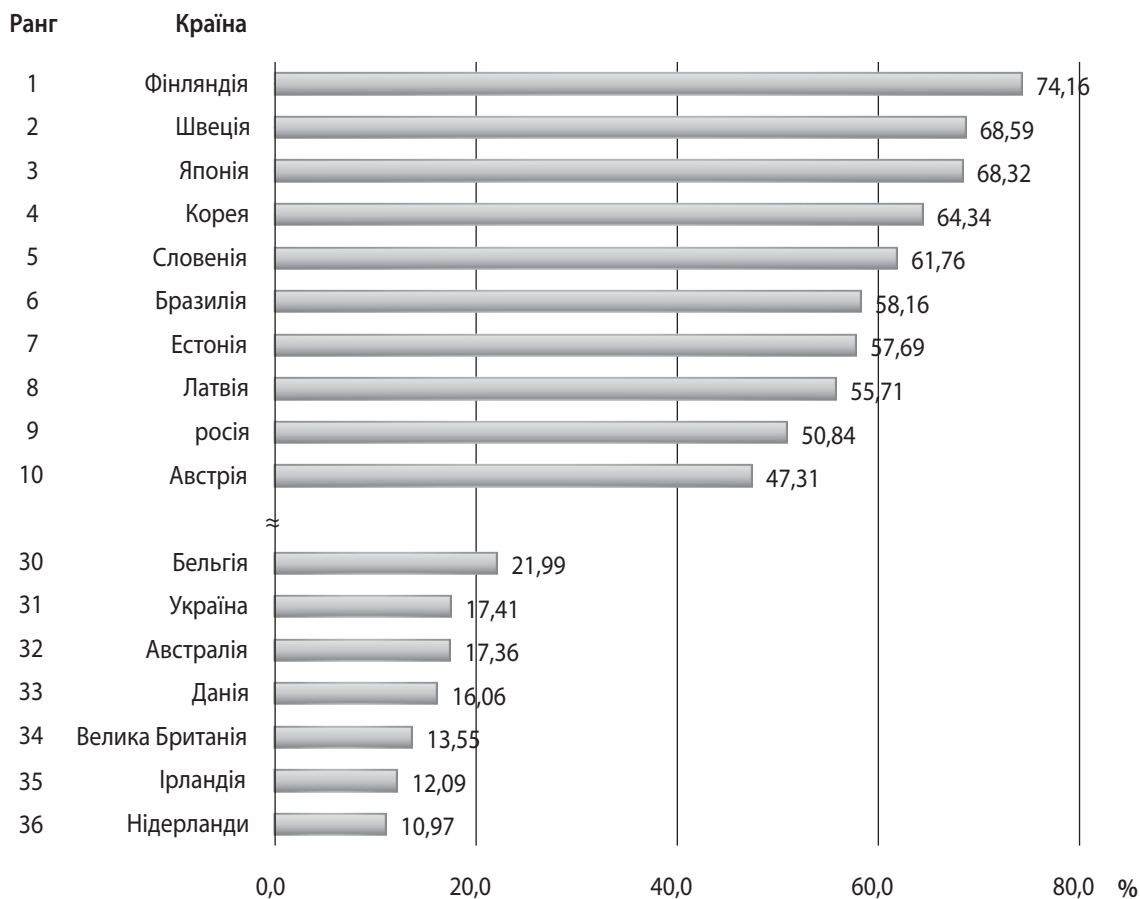


Рис. 1. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки лісів у загальній площі, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7].

Аналіз показав, що структура використання деревини в Україні залишається переважно сировинно-енергетичною: понад половину всієї заготовленої деревини (54,5%) використовується як паливо.

З метою збільшення ресурсоефективності деревообробної галузі в Україні необхідно поширювати практику каскадного використання деревини. З технічної точки зору каскадне використання деревини відбувається, коли деревина переробляється на продукт, і цей продукт використовується принаймні ще раз або як матеріал, або як енергетичний продукт. Особливості каскадного використання деревини представлено в роботах [8; 9].

Каскадна система передбачає багаторазове використання деревини між її заготовлею та спалюванням, є практичним інструментом реалізації принципів циркулярної економіки. Каскадна система складається з багатьох постачальників, виробників та споживачів, є складною та трудомісткою, але вона дозволяє економити вихідні сировини, зменшувати викиди парникових газів та збільшувати додану вартість [10].

Каскадне використання деревини передбачає максимальну переробку деревних відходів. Пропонується оцінити стан переробки відходів з деревини в Україні та країнах світу при вторинній переробці деревини та енергетичному використанні біомаси за показниками: частка відновлюваної деревини в загальному обсязі вторинної сировини, частка відходів у промисловій круглій деревині, частка деревного вугілля в енергетичному використанні деревини, частка деревних пелет в енергетичному використанні деревини, частки деревних брикетів та інших агрегатів в енергетичному використанні деревини за даними «Глобальної оцінки лісових ресурсів 2025» [7] та Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) [11].

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки відновленої деревини в загальному обсязі вторинної сировини у 2024 р. наведено на рис. 2.

З рис. 2 видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки відновленої деревини в загальному обсязі вторинної сировини

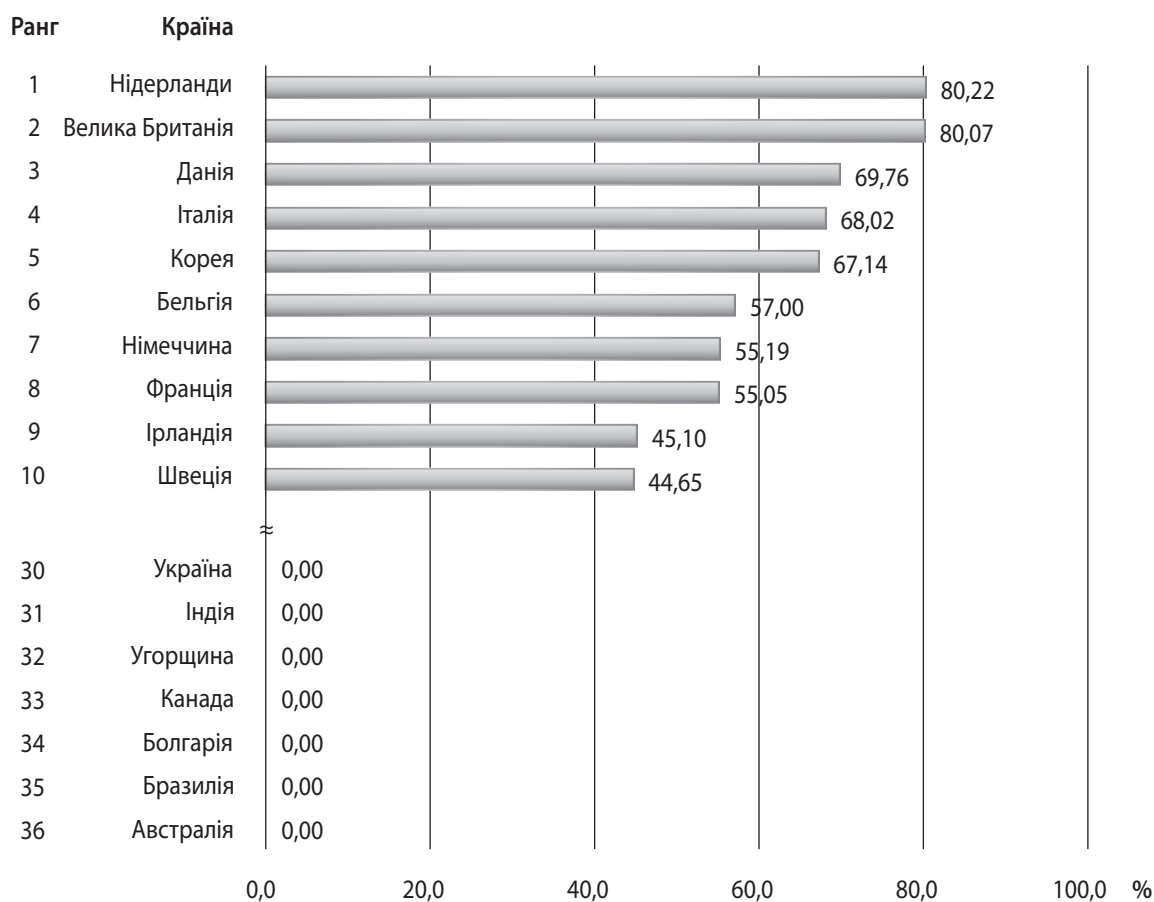


Рис. 2. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки відновленої деревини в загальному обсязі вторинної сировини, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7; 11].

було віднесено: Нідерланди – 80,22 % (1 місце), Велику Британію – 80,07% (2 місце), Данію – 69,76% (3 місце), Італію – 68,02% (4 місце) та Корею – 67,14% (5 місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Австралію, Болгарію, Бразилію, Індію, Канаду, Мексику, росію, Угорщину та Україну.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки відходів у промисловій круглій деревині у 2024 р. наведено на *рис. 3*.

З *рис. 3* видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки відходів у промисловій круглій деревині було віднесено: Нідерланди – 133,86% (1 місце), Китай – 54,47% (2 місце), Естонію – 40,77% (3 місце), Австралію – 37,05% (4 місце) та Румунію – 31,27% (5 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 місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревного вугілля в енергетич-

ному використанні деревини у 2024 р. наведено на *рис. 4*.

З *рис. 4* 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 місце), Іспанію – 10,22% (2 місце), Україну – 7,54% (3 місце), Польщу – 5,87% (4 місце) та Китай – 5,84% (5 місце), а до групи країн з низьким рівнем даного 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. 5*.

З*рис. 5* 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 місце), Канаду – 83,22% (2 місце), Бельгію – 60,68% (3 місце), Словаччину – 52,10% (4 місце) та Латвію – 46,61% (5 місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Індію – 0,0% (36 місце), Мексику – 0,02% (35 місце), Бразилію – 0,84% (34 місце), Китай –

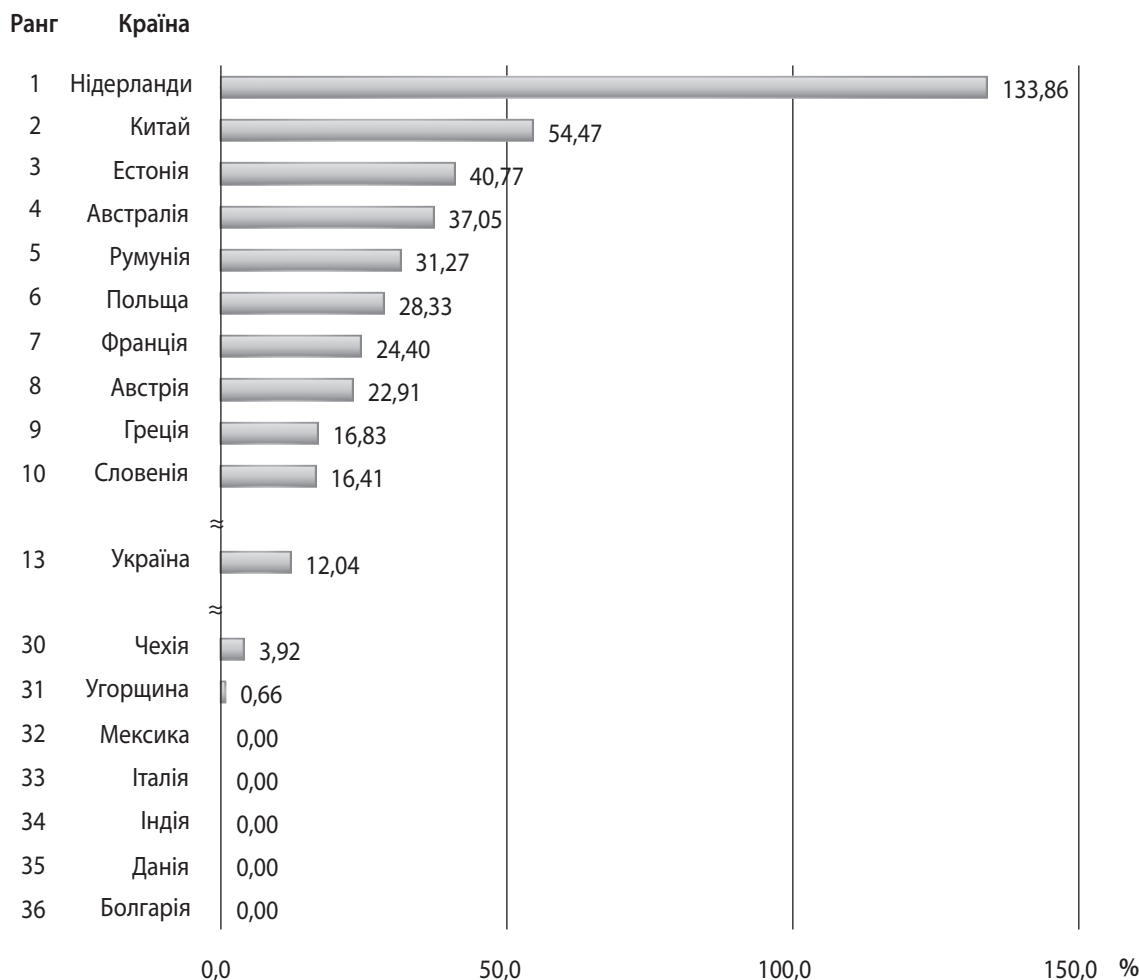


Рис. 3. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки відходів у промисловій круглій деревині, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7; 11].

1,19% (33 місце) та Туреччину – 1,84% (32 місце). Україна у 2024 р. зі значенням показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини 9,67% посіла 26 місце серед 36 досліджуваних країн світу.

Розподіл України та країн світу за значенням показника частки деревних брикетів та інших агломератів у енергетичному використанні деревини у 2024 р. наведено на *рис. 6*.

З *рис. 6* видно, що у 2024 р. до групи країн з високим рівнем показника частки деревних брикетів та інших агломератів у енергетичному використанні деревини було віднесено: Україну – 9,16% (1 місце), Нідерланди – 8,03% (2 місце), Словаччину – 6,75% (3 місце), Швецію – 5,77% (4 місце) та Чехію – 5,38% (5 місце), а до групи країн з низьким рівнем даного показника: Бельгію, Грецію, Данію, Індію, Ірландію.

Однією з ключових перепон для збільшення переробки деревинних відходів є додаткові витрати на сортування, впровадження технологічних рі-

шень у бізнес-процеси та логістику. Деревні відходи, особливо вживана деревина, характеризуються різноманітністю порід і матеріалів, наявністю металевих включень, старих покриттів і хімічних засобів захисту дерева. Переробка деревинних відходів повинна включати ряд етапів (*табл. 2*).

Наведена послідовність етапів переробки деревинних відходів включає відстеження на первісному етапі походження відходів, а в процесі подальшої переробки – рівень забруднення, токсичність, наявність заборонених компонентів, що дозволяє отримати повноцінну сировину для подальшого використання або виготовлення твердого біопалива, що сприяє підвищенню рівня циркулярності деревообробної промисловості та забезпеченню екологічної та енергетичної безпеки.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз показав, що Україна належить до країн із низьким рівнем лісистості території (17,4%). Структура використання деревини в Україні є переважно сировинно-енергетичною: по-

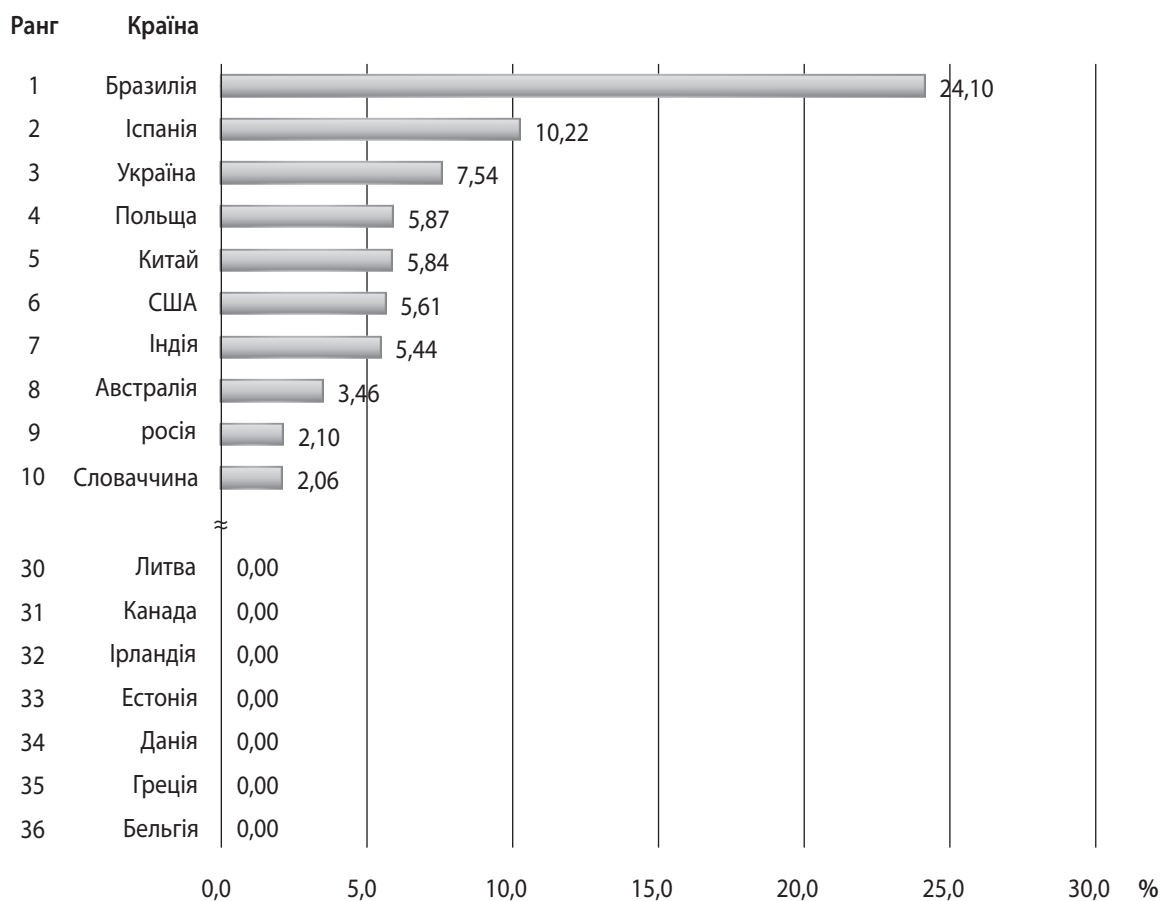


Рис. 4. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревного вугілля в енергетичному використанні деревини, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7; 11].

Таблиця 2

Послідовність перероблення деревинних відходів

Етап	Характеристика
1	2
1. Збирання та накопичення	Збирання деревинних відходів (будівництво, деревообробні підприємства, торговельні мережі та ін.), фіксація походження, накопичення. Транспортування до місця переробки, складування зворотних відходів для подальшого використання
2. Первинна ідентифікація та сортування	Розподіл відходів за походженням, за видом (тирса, кора, обапіл), породою деревини, габаритами, виділення складних конструкцій, що потребують розбирання. Поділ відходів за ступенем забруднення покриттями, хімічними агентами
3. Демонтаж	Вживана деревина може потребувати демонтажу, видалення елементів кріплення, видалення механічних і мінеральних домішок. Очищення від металевих включень
4. Контроль на токсичність	За потреби аналіз на токсичні речовини, наявність заборонених компонентів, вилучення непридатних до переробки відходів
5. Підготовка до переробки	Механізоване очищення поверхні від покриттів і забруднень
6. Виготовлення заготовок для подальшого використання	Первинне подроблення (за необхідності). Сушіння (тирса та тріска). Вторинне подроблення (розмелювання). Виготовлення заготовок для подальшого вироблення (плити ДСП, МДФ, ДВП, меблеві щити, інші вироби)
7. Енергетичне використання деревинних відходів	Виготовлення твердого біопалива: деревне вугілля, деревні пелети, деревні брикети та інші агломерати

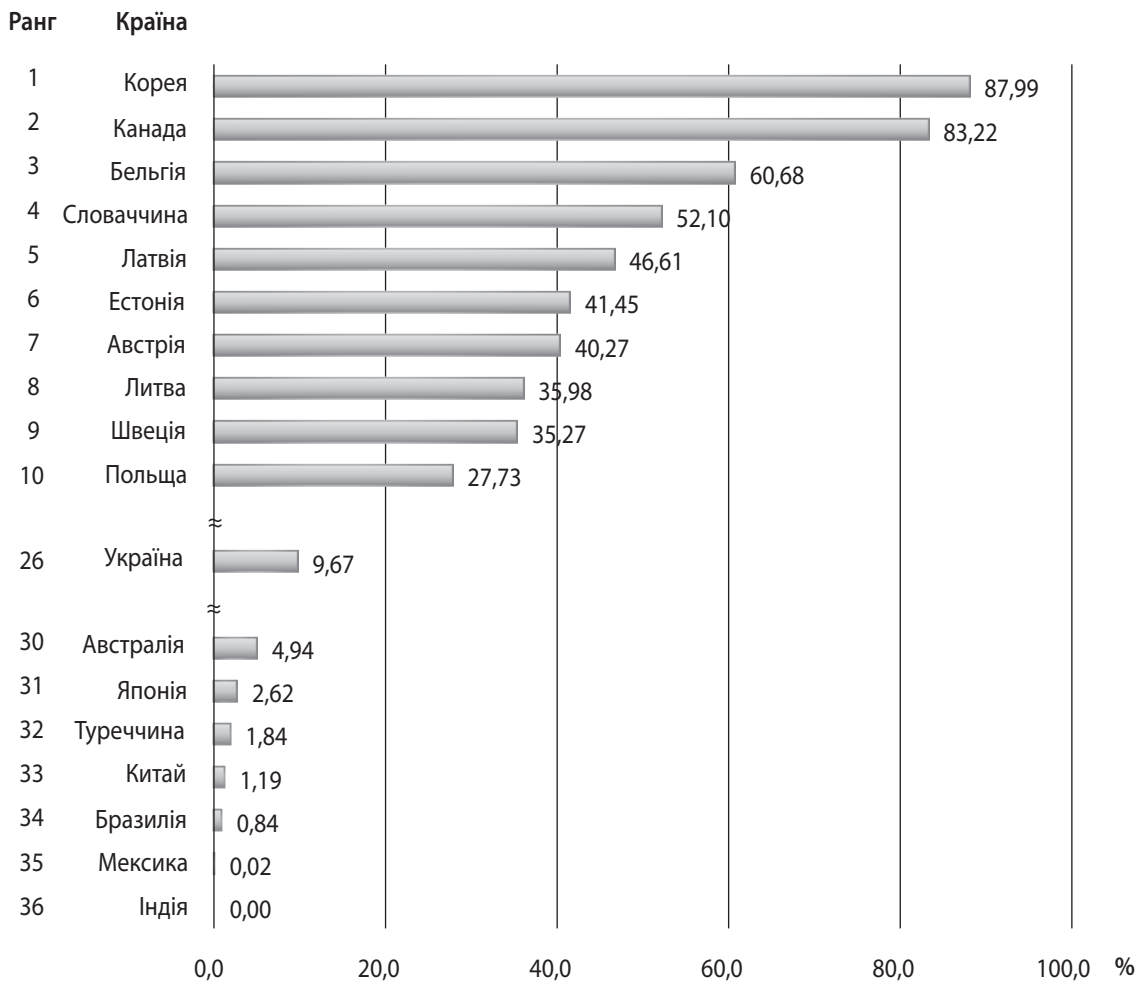


Рис. 5. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревних пелет в енергетичному використанні деревини, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7; 11].

Закінчення табл. 2

1	2
8. Реалізація	Фасування та пакування готової продукції. Складування та реалізація споживачам
9. Утилізація не перероблених деревних відходів	Спалювання, захоронення на полігонах, компостування

Джерело: сформовано авторами за даними [12–14].

над половину всієї заготовленої деревини (54,5%) використовується як паливо. Україна має значний потенціал для впровадження каскадного використання деревини. Оцінено стан переробки деревних відходів в Україні та країнах світу при вторинній переробці деревини та енергетичному використанні біомаси.

За показниками вторинної переробки деревних відходів Україна перебуває на досить низькому рівні порівняно з досліджуваними країнами. Зокрема, в Україні фактично не здійснюється вторинне використання деревини, а за показником частки

деревоволокнистих плит країна посідає 27 місце. Відносно високий рівень серед досліджуваних країн Україна займає за показником частки деревостружкових плит (12 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.

У сфері енергетичного використання деревини Україна є лідером серед досліджуваних країн

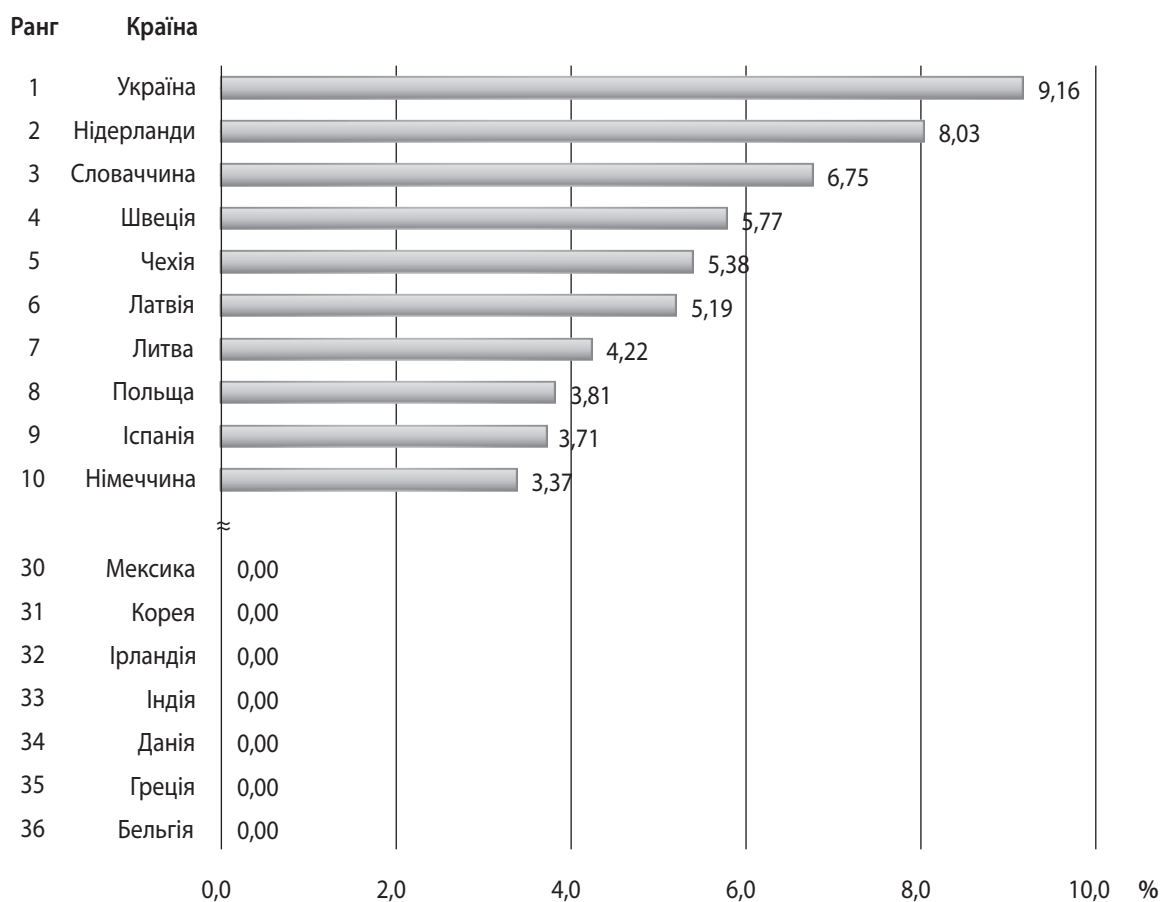


Рис. 6. Діаграма розподілу України та країн світу за значенням показника частки деревних брикетів та інших агломератів в енергетичному використанні деревини, 2024 р.

Джерело: сформовано авторами за даними [7; 11].

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.

Загалом, можна стверджувати, що деревообробна промисловість України має низький рівень показників вторинної переробки деревини. Перехід деревообробної промисловості України до повноцінної каскадної моделі потребує структурного збалансування та підвищення ефективності використання ресурсів, зокрема шляхом поглиблення переробки та підвищення частки залучення вторинних ресурсів у виробництво. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 р. № 2320-IX (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>

2. Camporeale S. M., Fortunato B., Torresi M. et al. 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. Iss. 12. Art. 121401. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4030499>
3. Mohan D., Pittman C. U., Steel P. H. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy and Fuels*. 2006. Vol. 20. Iss. 3. P. 848–889. DOI: <https://doi.org/10.1021/ef0502397>
4. Evans R. J., Milne T. A. Molecular Characterization of the Pyrolysis of Biomass. *Energy and Fuels*. 1987. Vol. 1. Iss. 2. P. 123–137. DOI: <https://doi.org/10.1021/ef00002a001>
5. Demirbas A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*. 2001. Vol. 42. Iss. 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)
6. Zavrel M., Bross D., Funke M. et al. High-throughput screening for ionic liquids dissolving (ligno-) cellulose. *Bioresource Technology*. 2009. Vol. 100. Iss. 9. P. 2580–2587. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.052>

7. Global Forest Resources Assessment 2025. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2025>
8. 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. DOI: <https://doi.org/10.2873/827106>
9. 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. Art. 100038. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100038>
10. 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 & Recycling*. 2017. Vol. 126. P. 141–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.045>
11. FAOSTAT: Forestry Production and Trade. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
12. Гайда С. В., Медвідь Л. В. Технологічні етапи перероблення вживаної деревини на якісні заготовки. *Лісотехнічна освіта і наука: виклики сьогодення та перспективи розвитку* : Міжнародна науково-практична конференція. Національний лісотехнічний університет України (м. Львів, 02.12.2025 р.). Львів, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36930/conf0206>
13. Деревообробна промисловість України та країн світу: стан, проблеми і перспективи розвитку : кол. моногр. / за ред. М. О. Кизима, І. О. Губаревої. Харків : ФООП Лібуркіна Л. М., 2021. 272 с.
14. Кійко О. А., Кушпіт А. С., Чопенко Н. Ф., Попович В. Д. Довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва. Меблева та деревообробна промисловість. Київ : Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2019. 132 с.
15. 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. 313 с.

REFERENCES

- Campbell-Johnston K., Vermeulen W. J. V., Reike D. & Brullot S. (2020). The Circular Economy and Cascading: Towards a Framework. *Resources, Conservation & Recycling*: X, 7, 100038. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100038>
- Camporeale S. M., Fortunato B., Torresi M. & et al. (2015). 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*, 12(137), 121401. <https://doi.org/10.1115/1.4030499>
- Demirbas A. (2001). Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 11(42), 1357–1378. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00137-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0)
- Evans R. J. & Milne T. A. (1987). Molecular Characterization of the Pyrolysis of Biomass. *Energy and Fuels*, 2(1), 123–137. <https://doi.org/10.1021/ef00002a001>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAOSTAT: Forestry Production and Trade*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Global Forest Resources Assessment 2025*. <https://fra-data.fao.org/assessments/fra/2025>
- Haida S. V. & Medvid L. V. (2025). *Tekhnologichni etapy pereroblennia vzhvyvanoj derevyny na yakisni zahotovyky* [Technological stages of processing used wood into quality blanks]. *Lisotekhnichna osvita i nauka: vyklyky sohodennia ta perspektyvy rozvytku: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia* [Forestry education and science: current challenges and development prospects: International scientific and practical conference]. *Natsionalnyi lisotekhnichnyi universytet Ukrainy* (m. Lviv), 2025. <https://doi.org/10.36930/conf0206>
- Kiiko O. A., Kushpit A. S., Chopenko N. F. & Popovych V. D. (2019). *Dovidnyk z resursoefektyvnoho ta chystoho vyrobnytstva. Mebleva ta derevoobrobna promyslovishtva* [Handbook on resource efficient and cleaner production. Furniture and woodworking industry]. Kyiv: Tsentr resursoefektyvnoho ta chystoho vyrobnytstva.
- Kyzym M. O. & Hubarieva I. O. (2021). *Derevoobrobna promyslovishtva Ukrainy ta krain svitu: stan, problemy i perspektyvy rozvytku* [Woodworking industry of Ukraine and the countries of the world: state, problems and development prospects]. Kharkiv: FOP Liburkina L. M.
- Mohan D., Pittman C. U. & Steel P. H. (2006). Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *Energy and Fuels*, 3(20), 848–889. <https://doi.org/10.1021/ef0502397>
- Risse M., Weber-Blaschke G. & Richter K. (2017). Resource efficiency of multifunctional wood cascade chains using LCA and exergy analysis, exemplified by a case study for Germany. *Resources, Conservation & Recycling*, 126, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.045>
- Rosokhata A. S. & Minchenko M. H. (2023). *Systema upravlinnia vidkhodamy v tsyrkuliarnii ekonomitsi: finansovi, sotsialni, ekolohichni ta enerhetychni determinanty* [Waste management system in a circular economy: financial, social, environmental and energy determinants]. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet.
- Vis M., Mantau U. & Allen B. (2016). *Study on the optimised cascading use of wood*. Brussels. <https://doi.org/10.2873/827106>
- Zakon Ukrainy «Pro upravlinnia vidkhodamy» № 2320-IX (zi zminamy) [Law of Ukraine «On waste management» № 2320-IX (with changes)] (2022, June 20). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
- Zavrel M., Bross D., Funke M. & et al. (2009). High-throughput screening for ionic liquids dissolving (ligno-)cellulose. *Bioresource Technology*, 9(100), 2580–2587. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.052>

Стаття надійшла до редакції / Received: 01.03.2026
 Статтю прийнято до публікації / Accepted: 14.03.2026
 Оприлюднено / Published: 30.04.2026