

УДК 339.9

О. Г. Михайленко,

к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки і світових фінансів,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. ДніпроORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4405-9093>

О. Д. Огданська,

к. е. н., доцент, доцент кафедри міжнародної економіки та світових фінансів,
Дніпровський національний університет імені Олеся ГончараORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1409-2570>

DOI: 10.32702/2306-6792.2026.3.153

МІЖНАРОДНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КОНКУРЕНТНИХ ПЕРЕВАГ ВИРОБНИКІВ БІОПАЛИВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

О. Mykhailenko,

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of International Economics and Global Finance, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro
O. Ohdanska,PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of International Economics and Global Finance, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro

INTERNATIONAL ASPECTS OF FORMING COMPETITIVE ADVANTAGES OF BIOFUEL PRODUCERS IN THE CONDITIONS OF GLOBAL TRANSFORMATION

У статті досліджено міжнародні аспекти формування конкурентних переваг виробників біопалива в умовах глобальної трансформації енергетичних ринків. Обґрунтовано, що біопаливо посідає важливе місце у структурі відновлюваної енергетики, особливо в контексті реалізації політики декарбонізації, забезпечення енергетичної безпеки та досягнення цілей сталого розвитку. Проаналізовано ключові чинники конкурентоспроможності виробників біопалива на міжнародних ринках, зокрема цінові й ресурсні переваги, технологічну ефективність, інноваційний потенціал, інституційно-регуляторні умови та інтеграцію у глобальні ланцюги створення вартості. Особливу увагу приділено ролі міжнародної торгівлі біопаливом, впливу регіональних моделей регулювання (ЄС, США, країни, що розвиваються) та значенню стандартів сталості й комплаєнсу як нецінових конкурентних переваг. Визначено основні виклики для виробників біопалива, пов'язані з ціновою волатильністю, регуляторною невизначеністю та зростанням вимог до екологічної результативності. Зроблено висновок, що формування стійких конкурентних переваг у глобальній економіці потребує поєднання ресурсних можливостей, технологічних інновацій, ефективного управління ризиками та активної інтеграції у міжнародні ринки.

The article examines the international aspects of forming competitive advantages of biofuel producers under the conditions of global transformation of energy markets. The relevance of the research is determined by the acceleration of the global energy transition, the implementation of decarbonisation policies, and the growing role of renewable energy sources in ensuring sustainable economic development. Biofuels are considered as a specific segment of renewable energy that combines the characteristics of an energy carrier, an agricultural product and an object of international trade, which fundamentally influences the nature of competition in global markets.

The study substantiates that the competitiveness of biofuel producers is shaped by a complex interaction of price, resource, technological, institutional and international factors. Particular attention is paid to the role of access to raw materials, economies of scale and logistics in reducing production costs, as well as to technological efficiency, innovation, digitalisation and the reduction of carbon intensity of production as key non-price sources of competitive advantage. The paper emphasises that compliance with international sustainability standards, certification schemes and regulatory requirements increasingly transforms from a formal market entry condition into a strategic instrument of competitive positioning.

The dynamics of international biofuel trade and regional differences in market regulation are analysed, with a focus on the European Union, the United States and developing countries. It is shown that the fragmentation of regulatory regimes leads to market segmentation and strengthens the importance of non-price competition, particularly in regulated and premium markets. The integration of biofuel producers into global value chains through international partnerships, cooperation with transnational corporations and strategic alliances is identified as a crucial mechanism for enhancing long-term competitiveness, facilitating access to investment, advanced technologies and stable export markets.

The article identifies key challenges for biofuel producers, including price volatility in energy and agricultural markets, regulatory uncertainty and rising compliance costs. It is concluded that sustainable competitive advantages in the global economy can be achieved through the combination of resource potential, technological and innovative development, effective risk management and active integration into global markets. The results of the study can be used in the development of strategies for biofuel producers and in shaping energy and trade policies in the context of the global energy transition.

Ключові слова: біопаливо, конкурентні переваги, глобальна економіка, міжнародний бізнес, глобальна трансформація, декарбонізація, енергетичний перехід, сталий розвиток.

Key words: biofuels, competitive advantages, global economy, international business, global transformation, decarbonization, energy transition, sustainable development.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується глибокими структурними зрушеннями, зумовленими глобальною енергетичною трансформацією, посиленням кліматичної політики та зростанням ролі відновлюваних джерел енергії. У цьому контексті біопаливо посідає важливе місце як складова стратегії декарбонізації, енергетичної безпеки та диверсифікації енергетичних ресурсів у багатьох країнах світу. Розширення використання біопалива сприяє формуванню нових міжнародних ринків, зміні структури глобальної енергетичної торгівлі та посиленню конкуренції між виробниками на світовому рівні.

В умовах глобальної трансформації енергетичних ринків ключового значення набуває питання формування та утримання конкурентних переваг виробників біопалива. На відміну від традиційних енергоресурсів, конкурентоспроможність біопаливної продукції визначається не лише ціновими параметрами, а й доступом до сировинної бази, рівнем технологічного розвитку, дотриманням міжнародних стандартів сталості, інституційним середовищем та інтеграцією у глобальні ланцюги створення вартості. Це зумовлює необхідність комплексного ана-

лізу міжнародних аспектів формування конкурентних переваг виробників біопалива в системі глобальної економіки.

Незважаючи на зростання кількості наукових досліджень, присвячених розвитку ринку відновлюваної енергетики, недостатньо уваги приділяється саме міжнародним чинникам конкурентоспроможності виробників біопалива в умовах динамічних змін світового енергетичного та торговельного середовища. Це обумовлює актуальність даного дослідження та його значення для розвитку міжнародного бізнесу, формування ефективної енергетичної політики й забезпечення сталого економічного зростання.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Українські дослідження зосереджені переважно на ресурсному потенціалі, економічній доцільності та напрямках розвитку біоенергетики й біопалива в Україні таких вчених як А. Доронін, Г. Калетніка, Г. Гелетух, Т. Желєзна, Л. Патріляк, Г. Трипольська, І. Чебан тощо. У контексті біоенергетики та біопалива значна кількість зарубіжних робіт присвячено взаємодії енергетичного переходу зі стандартами сталості, міжнародною торгівлею та інституційним регулюванням: зокрема, N. Scarlat, C. S. Goh, M. Junginger та J. Joudrey, G. Branca. Вод-

ночас, попри значний науковий доробок, у літературі недостатньо систематизовано саме міжнародні аспекти формування конкурентних переваг виробників біопалива, що зумовлює потребу в дослідженні, яке поєднує інструментарій міжнародного бізнесу та глобальної економіки з аналізом ринкових і регуляторних трансформацій у секторі біопалива.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є дослідження міжнародних аспектів формування конкурентних переваг виробників біопалива в умовах глобальної трансформації енергетичних ринків, а також обґрунтування ключових чинників, що визначають їх конкурентоспроможність у системі міжнародного бізнесу та глобальної економіки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Глобальна трансформація енергетичних ринків у XXI ст. визначається переходом від домінування викопного палива до низьковуглецевої моделі розвитку. Відбувається комплексна зміна структури виробництва, розподіл та споживання енергії з метою забезпечення енергетичної безпеки, підвищення економічної ефективності та мінімізації негативного впливу на довкілля. В основі енергетичного переходу лежать принципи сталого розвитку, кліматичної нейтральності та виконання міжнародних кліматичних зобов'язань [1, 2].

Ключовими напрямками глобального енергетичного переходу є масштабне впровадження відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, декарбонізація енергетичного та транспортного секторів, а також розвиток інноваційних і цифрових енергетичних технологій. Особливого значення набуває трансформація транспортної системи, де поряд з електрифікацією дедалі важливішу роль відіграють альтернативні види палива, зокрема біопаливо, що дозволяє скорочувати викиди парникових газів у сегментах, менш придатних до повної електрифікації [2, 3].

У глобальному вимірі енергетичний перехід супроводжується перерозподілом конкурентних позицій між країнами та компаніями, зміною структури міжнародної торгівлі енергоносіями й посиленням ролі державної політики та регуляторних механізмів. Отже, енергетичний перехід виступає не лише технологічним, а й економічним та інституційним процесом, що визначає нові умови функціонування глобальних енергетичних ринків і формування конкурентних переваг їх учасників [1, 3].

У структурі відновлюваної енергетики біопаливо займає стратегічне місце, що безпосередньо впливає на формування конкурентних переваг його виробників на міжнародних ринках. На відміну від інших відновлюваних джерел енергії, біопаливо поєднує властивості відновлюваного ресурсу та стандартизованого товару, придатного до зберігання, транспортування й міжнародної торгівлі. Це створює для виробників біопалива можливості масштабування виробництва, диверсифікації ринків збуту та інтеграції у глобальні ланцюги створення вартості, що є важливими джерелами довгострокової конкурентоспроможності [1].

Згідно з оцінками International Energy Agency, біоенергія залишається найбільшим джерелом відновлюваної енергії у світовому кінцевому споживанні, а біопаливо відіграє ключову роль у декарбонізації транспортного сектору. Саме транспортний сегмент формує стійкий міжнародний попит на біопаливо, що посилює конкурентні позиції виробників, здатних забезпечити стабільні обсяги поставок і відповідність міжнародним стандартам якості та сталості [1–3].

Функціональна здатність біопалива компенсувати нерівномірність генерації сонячної та вітрової енергії підвищує його системну цінність у відновлюваній енергетиці. Для виробників це означає додаткові конкурентні переваги, пов'язані з передбачуваністю попиту, можливістю довгострокового контрагування та зниженням ринкових ризиків у порівнянні з іншими сегментами ВДЕ (відновлюваних джерел енергії) [3, 4]. Відповідно, біопаливо розглядається не лише як енергетичний ресурс, а й як елемент стратегічної стабільності енергетичних ринків.

Водночас зростання ролі біопалива у структурі відновлюваної енергетики супроводжується посиленням вимог до сталості виробництва, простежуваності сировини та скорочення вуглецевого сліду. У документах International Renewable Energy Agency підкреслюється, що дотримання цих вимог трансформується у ключовий чинник міжнародної конкурентоспроможності виробників біопалива, оскільки саме відповідність екологічним і соціальним стандартам визначає доступ до преміальних ринків та можливість формування цінових і нецінових конкурентних переваг [2, 3].

Отже, місце біопалива у структурі відновлюваної енергетики безпосередньо пов'язане з формуванням конкурентних переваг виробників, які реалізуються через масштаб виробництва, експортну орієнтацію, відповідність

Таблиця 1. Провідні країни-виробники біопалива у світі

Країна / регіон	2020	2021	2022	2023	2024	Домінуючий вид біопалива
США	68	70	72	75	77	Етанол, renewable diesel
Бразилія	40	42	44	45	47	Етанол, біодизель
Європейський Союз	34	35	36	35	35	Біодизель, renewable diesel
Китай	6	6.5	7	7.5	8	Біодизель, біоетанол
Індонезія	9	10	11	12	13	Біодизель
Індія	3	3.5	4	4.8	5.5	Біоетанол

*Одиниця виміру: млрд. літрів на рік; включає етанол, біодизель та renewable diesel

Джерело: складено авторами за даними [3,21,27-32].

міжнародним стандартам сталості та інтеграції у глобальні ланцюги створення вартості.

Упродовж останнього десятиліття світове виробництво та споживання біопалива демонструють стійку тенденцію до зростання, однак обсяги міжнародної торгівлі зростають повільніше, ніж внутрішнє споживання. Це пояснюється домінуванням національних мандатів на використання біопалива, регуляторними обмеженнями, а також високою залежністю ринку від внутрішніх аграрних ресурсів [4]. Водночас саме зовнішня торгівля стає ключовим каналом реалізації надлишкової продукції та формування цінових сигналів на глобальному рівні.

Світове виробництво біопалива у 2023 р. оцінюється близько 175—188 млрд. л (47—50 млрд. галонів) рідких біопалив (етанол, біодизель, renewable diesel) із зростанням принаймні 7 % порівняно з 2022 р. Найбільшими виробниками залишаються США та Бразилія, що разом формують значну частку світового ринку, особливо в секторі етанолу. ЄС та Азійсько-Тихоокеанські регіони помітно впливають на сегмент біодизелю та Renewable diesel (HVO) завдяки політичним ініціативам та збільшенню попиту [22—29] (табл. 1).

У 2020—2024 рр. світове виробництво біопалива характеризувалося високою концентрацією у невеликій кількості країн, які поєднують значну сировинну базу, розвинену переробну інфраструктуру та активну державну підтримку галузі. Понад дві третини глобального обсягу виробництва біопалива припадало на США, Бразилію та Європейський Союз, що формує основу сучасної структури світового біопаливного ринку [29—31].

Абсолютним світовим лідером у досліджуваній період залишалися США, де основну частку виробництва становив паливний етанол, а з 2021—2022 років стрімко розвивався сегмент renewable diesel. Зростання виробництва під-

тримувалося масштабним внутрішнім ринком, вимогами програми Renewable Fuel Standard та інвестиціями у нові потужності [29, 27].

Друге місце у світі стабільно посідала Бразилія, яка сформувала стійкі конкурентні переваги у виробництві біоетанолу з цукрової тростини та біодизелю на основі соєвої олії. Поетапне підвищення норм домішування біопалива у транспортному секторі забезпечило зростання внутрішнього попиту та збереження високих обсягів виробництва [21, 30].

Важливим глобальним виробником залишається Європейський Союз, де біопаливний сектор орієнтований переважно на виробництво біодизелю та renewable diesel. У 2022—2024 роках у ЄС спостерігалася стабілізація обсягів виробництва, що зумовлено посиленням екологічних вимог, обмеженням використання окремих видів сировини та переорієнтацією політики на advanced biofuels [29, 32].

Суттєве зростання виробництва біопалива демонстрували країни Азійсько-Тихоокеанського регіону, насамперед Індонезія, яка стала світовим лідером з виробництва біодизелю завдяки впровадженню мандатів B30-B35 та використанню пальмової олії як основної сировини [3, 30]. Поряд з цим Китай та Індія нарощували виробництво біоетанолу, орієнтуючись на зростання внутрішнього попиту та скорочення імпорту вихідного палива [21, 31].

Загалом у 2020—2024 роках провідні країни-виробники біопалива формували свої конкурентні переваги завдяки масштабам виробництва, доступу до сировини, стабільним регуляторним механізмам та здатності адаптуватися до глобальних вимог сталого розвитку, що визначає їхню домінуючу роль у трансформації світових енергетичних ринків.

У Європейському Союзі розвиток біопалива відбувається в межах жорстко регламентованої моделі, орієнтованої на досягнення кліматичної нейтральності та виконання цілей сталого розвитку. Політика ЄС ґрунтується на директивах щодо відновлюваної енергетики, які встановлюють обов'язкові показники частки ВДЕ у транспортному секторі та суворі критерії сталості для біопалива. У результаті конкурентні переваги отримують виробники, здатні забезпечити повну простежуваність сировини, низький вуглецевий слід і відповідність екологічним стандартам, тоді як цінова конкуренція відходить на другий план [3, 5].

У Сполучених Штатах Америки біопаливний ринок характеризується переважно внутрішньо орієнтованою моделлю розвитку, сфор-

Таблиця 2. Порівняльна характеристика моделей міжнародної торгівлі біопаливом та їх конкурентних наслідків для виробників

Регіон	Домінуюча модель міжнародної торгівлі біопаливом	Ключові регуляторні особливості	Конкурентні наслідки для виробників біопалива
Європейський Союз	Імпортно-орієнтована модель з жорстким регулюванням	Обов'язкові цілі ВДЕ в транспорті; суворі критерії сталості та сертифікації (RED II / RED III)	Формування нецінових конкурентних переваг; відбір виробників за стандартами сталості; доступ до преміальних ринків для сертифікованих постачальників
США	Переважно внутрішньо орієнтована модель з обмеженим імпортом	Програма Renewable Fuel Standard (RFS); обов'язкові обсяги змішування	Конкурентні переваги масштабних і технологічно ефективних виробників; стабільний попит; обмежена зовнішня конкуренція
Бразилія	Експортно орієнтована модель (етанол)	Національні програми підтримки; інтеграція з аграрним сектором	Цінові конкурентні переваги за рахунок ефективної сировинної бази; висока експортна спеціалізація
Країни Південно-Східної Азії (Індонезія, Малайзія)	Експортна модель з фокусом на біодизель	Державні програми підтримки; екологічні обмеження з боку імпортерів	Посилення конкуренції за рахунок екологічних вимог; необхідність адаптації до міжнародних стандартів
Країни, що розвиваються (Африка, частина Латинської Америки)	Потенційно експортна, але обмежена інституційно	Недостатня інфраструктура; обмежений доступ до сертифікації	Обмежені конкурентні переваги; висока чутливість до регуляторних бар'єрів; залежність від міжнародної допомоги
Глобальний ринок	Сегментована модель з домінуванням національних режимів	Висока роль державної політики та міжнародних угод	Конкурентоспроможність визначається відповідністю стандартам, логістикою та інтеграцією глобальні ланцюги створення вартості (Global Value Chains- GVC).

Джерело: складено авторами за даними [3—7].

мованою під впливом державної програми Renewable Fuel Standard. Основний акцент робиться на забезпеченні стабільного попиту та підтримці національних виробників, що сприяє формуванню конкурентних переваг за рахунок масштабів виробництва, технологічної ефективності та інтеграції з аграрним сектором. Водночас зовнішня торгівля біопаливом відіграє допоміжну роль, а доступ іноземних постачальників до ринку обмежується регуляторними механізмами [6].

Для країн, що розвиваються, біопаливо часто розглядається як інструмент реалізації аграрного та експортного потенціалу, а також як засіб диверсифікації енергетичного балансу. Проте їх участь у міжнародній торгівлі біопаливом обмежується інституційними бар'єрами, недостатнім рівнем інвестицій та складністю дотримання міжнародних стандартів сталості. У таких умовах конкурентні переваги мають фрагментарний характер і значною мірою залежать від доступу до зовнішньої фінансової та технологічної підтримки [4, 7].

Міжнародна торгівля біопаливом є важли-

вою складовою глобального енергетичного переходу та безпосередньо впливає на формування конкурентних переваг виробників у світовому масштабі. Розвиток цього сегмента відбувається під впливом поєднання ринкових чинників, державної політики та міжнародних екологічних зобов'язань (табл. 2).

Порівняльний аналіз моделей міжнародної торгівлі біопаливом (табл. 2) свідчить, що конкурентні переваги виробників формуються не лише під впливом цінових факторів, а насамперед у результаті відповідності регуляторним вимогам, доступу до сертифікаційних механізмів і здатності інтегруватися у глобальні ланцюги створення вартості. В умовах глобальної трансформації енергетичних ринків саме інституційні та нецінові чинники дедалі більше визначають позиції виробників біопалива на міжнародних ринках.

Розглянемо міжнародні аспекти формування конкурентних переваг виробників біопалива більш детально.

1. Цінові та ресурсні чинники конкурентоспроможності виробників біопалива (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив цінових та ресурсних чинників на формування конкурентних переваг виробників біопалива

Чинник	Механізм впливу на конкурентоспроможність	Конкурентний ефект для виробників біопалива
Доступ до сировини	Формування нижчої сировинної складової собівартості; зниження залежності від імпорту сировини; стабільність постачання	Зменшення виробничих витрат; можливість конкурентного ціноутворення; підвищення стійкості до цінових коливань
Якість та диверсифікація сировинної бази	Використання різних видів аграрної та відходної біомаси; оптимізація виробничих процесів	Гнучкість виробництва; зниження ризиків дефіциту; посилення адаптивності до змін ринку
Масштаб виробництва	Реалізація ефекту масштабу; зниження середніх постійних витрат; оптимізація використання потужностей	Зменшення собівартості одиниці продукції; посилення цінових конкурентних переваг
Технологічна концентрація виробництва	Стандартизація процесів; підвищення продуктивності праці; зменшення втрат	Підвищення операційної ефективності; зростання маржинальності
Логістична інфраструктура	Зменшення транспортних витрат; скорочення часу доставки; підвищення надійності постачань	Підвищення експортної привабливості; розширення доступу до міжнародних ринків
Географічна близькість до ринків збуту	Мінімізація логістичних витрат; зниження ризиків ланцюгів постачання	Цінова перевага; підвищення стабільності контрактів
Інтеграція у глобальні логістичні ланцюги	Координація з трейдерами та транспортними операторами; оптимізація постачань	Підвищення конкурентоспроможності на світових ринках; посилення експортної орієнтації

Джерело: складено авторами за даними [3, 4, 7, 8].

Цінові та ресурсні чинники відіграють визначальну роль у формуванні конкурентних переваг виробників біопалива на міжнародних ринках, оскільки безпосередньо впливають на собівартість продукції, експортну привабливість і здатність компаній конкурувати в умовах жорсткого регуляторного середовища та цінової волатильності енергетичних ринків. У глобальному вимірі саме поєднання доступу до сировини, масштабів виробництва та логістичних можливостей формує основу цінової конкурентоспроможності біопаливного сектору [3, 4].

Одним із ключових ресурсних чинників конкурентоспроможності виробників біопалива є наявність стабільної та економічно доступної сировинної бази. Виробництво біоетанолу та біодизеля значною мірою залежить від аграрної спеціалізації країн, урожайності сільськогосподарських культур і цін на сировину. За оцінками OECD та FAO, країни з розвиненим аграрним сектором та надлишковим виробництвом зернових і олійних культур мають структурні переваги у виробництві біопалива завдяки нижчій сировинній складовій у собівартості [7]. Водночас обмежений доступ до сировини або її висока ціна істотно знижують конкурентні позиції виробників на світових ринках (табл. 3).

Ефект масштабу є важливим ціновим чинником, що забезпечує зниження середніх витрат виробництва біопалива. Великі виробничі потужності дозволяють оптимізувати використання обладнання, зменшувати адміністративні витрати та підвищувати ефективність логістики. Згідно з аналітичними оглядами International Energy Agency, країни з висококонцентрованим біопаливним виробництвом (США, Бразилія) демонструють вищу цінову конкурентоспроможність на міжнародних ринках порівняно з дрібними виробниками [4]. А саме, масштабування виробництва виступає ключовою передумовою формування стійких конкурентних переваг (табл. 3).

Важливим чинником цінової конкурентоспроможності є також ефективність логістики та доступ до транспортної інфраструктури. Біопаливо як товар міжнародної торгівлі потребує розвинених систем зберігання, перевалки та транспортування, що істотно впливає на кінцеву ціну продукції. Країни та компанії, інтегровані у глобальні логістичні ланцюги та розташовані поблизу основних ринків збуту, отримують додаткові конкурентні переваги за рахунок зниження транспортних витрат і скорочення часу доставки [3,8]. Тому логістичні чинники розглядаються як складова стратегічної конкурентоспроможності виробників біопалива (табл. 3).

Таким чином, цінові та ресурсні чинники конкурентоспроможності виробників біопалива реалізуються через конкретні економічні механізми, які безпосередньо впливають на структуру витрат, цінову політику та ринкову стійкість компаній. Сукупна дія доступу до сировини, ефекту масштабу та логістичних переваг формує базис цінових конкурентних переваг, що слугує передумовою для подальшого розвитку технологічних, інституційних і нецінових переваг у контексті глобальної трансформації енергетичних ринків.

2. Технологічні та інноваційні переваги виробників біопалива у міжнародному вимірі (табл. 4).

В умовах посилення кліматичного регулювання, зростання вимог до сталості та ускладнення доступу до регульованих і преміальних ринків ключовими детермінантами довгострокової конкурентоспроможності виробників стають технологічна результативність, рівень

Таблиця 4. Вплив технологічних та інноваційних чинників на формування конкурентних переваг виробників біопалива

Технологічний чинник	Інструменти реалізації	Конкурентний ефект для виробників біопалива
Ефективність виробничих технологій	Вдосконалені ферментаційні процеси; каталітичні технології; інтегровані біоенергетичні комплекси	Зниження собівартості; підвищення виходу продукції; посилення цінової конкурентоспроможності
Енергоефективність виробництва	Оптимізація енергоспоживання; рекуперация тепла; автоматизоване керування процесами	Скорочення операційних витрат; підвищення маржинальності; стабільність виробництва
Декарбонізація	Використання ВДЕ у виробничих процесах; BECCS/CCS; утилізація відходів	Доступ до регульованих і преміальних ринків; відповідність кліматичним вимогам; нецінові конкурентні переваги
Цифровізація виробничих процесів	Системи моніторингу та контролю; аналітика даних; цифрові двійники	Підвищення операційної ефективності; зниження технологічних ризиків; гнучкість виробництва
Простежуваність і сертифікація	Цифрові платформи обліку; LCA-аналіз; системи сертифікації сталості	Довіра міжнародних контрагентів; відповідність стандартам ЄС; розширення експортних можливостей
R&D та інноваційна активність	Інвестиції в НДДКР; пілотні проєкти; співпраця з науковими центрами	Формування довгострокових технологічних переваг; диверсифікація продуктів; стійка конкурентоспроможність
Інтеграція технологій у ланцюги створення вартості	Платформні рішення; кооперація з логістичними та енергетичними компаніями	Підвищення доданої вартості; посилення позицій у глобальних ланцюгах створення вартості

Джерело: складено авторами за даними [1, 3, 4, 9].

декарбонізації виробництва та рівень інноваційного розвитку.

Підвищення ефективності виробничих технологій безпосередньо впливає на зниження собівартості біопалива, підвищення виходу готової продукції та оптимізацію використання сировини. Сучасні технології переробки біомаси, зокрема вдосконалені ферментаційні процеси, каталітичні методи та інтегровані біоенергетичні комплекси, дозволяють виробникам підвищувати продуктивність і зменшувати енергомісткість виробництва. За оцінками International Energy Agency, технологічно розвинені виробники мають стійкі цінові та операційні переваги на міжнародних ринках біопалива, особливо в умовах високої конкуренції та волатильності енергетичних цін [1,4] (табл. 4).

Здатність забезпечити низький вуглецевий слід біопалива стає критично важливою умовою доступу до міжнародних ринків, насамперед у Європейському Союзі та інших юрисдикціях із жорсткими кліматичними вимогами. Використання відновлюваних джерел енергії у виробничих процесах, утилізація відходів, впровадження технологій уловлювання та збе-

рігання вуглецю (CCS/BECCS) дозволяють виробникам істотно зменшувати життєвий цикл викидів парникових газів. У звітах International Renewable Energy Agency наголошується, що саме глибока декарбонізація біопаливного виробництва трансформується з екологічної вимоги у вагомий конкурентну перевагу, яка визначає можливість участі виробників у глобальних ланцюгах створення вартості [3,4] (табл. 4).

Важливим чинником інноваційних переваг є цифровізація виробничих і логістичних процесів, а також інвестиції у науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (R&D). Застосування цифрових платформ, систем моніторингу виробництва, аналітики даних і моделювання дозволяє оптимізувати технологічні режими, підвищувати надійність постачань і забезпечувати простежуваність продукції, що є критично важливим для міжнародної сертифікації. Дослідження OECD підкреслюють, що інвестиції в R&D сприяють переходу виробників біопалива від цінової конкуренції до інноваційної моделі конку-

рентоспроможності, орієнтованої на створення доданої вартості та довгострокову присутність на глобальних ринках [9] (табл. 4).

Отже, технологічні та інноваційні переваги виробників біопалива формуються через підвищення ефективності виробничих технологій, глибоку декарбонізацію та активне впровадження цифрових рішень і R&D. У міжнародному вимірі ці чинники не лише знижують витрати та екологічні ризики, а й виступають стратегічними інструментами формування стійких конкурентних позицій у глобальній енергетичній системі.

3. Інституційні та регуляторні аспекти формування конкурентних переваг виробників біопалива (табл. 5).

Інституційні та регуляторні чинники відіграють ключову роль у формуванні конкурентних переваг виробників біопалива на міжнародних ринках, оскільки саме через них реалізуються механізми державної підтримки, встановлюються вимоги сталості та формуються бар'єри або стимули для трансграничної торгівлі. В умовах глобальної трансформації енергетичних ринків регуляторне середовище дедалі більше визначає нецінові параметри кон-

Таблиця 5. Вплив інституційних і регуляторних інструментів на формування конкурентних переваг виробників біопалива

Регуляторний інструмент	Механізм впливу	Конкурентний ефект для виробників біопалива
Державні мандати на використання біопалива	Формування гарантованого попиту; зниження ринкової невизначеності; стимулювання інвестицій	Підвищення стабільності доходів; можливість масштабування виробництва; посилення позицій на внутрішніх і зовнішніх ринках
Податкові пільги та субсидії	Зменшення інвестиційних і операційних витрат; підтримка капіталомістких проєктів	Зниження собівартості; зростання цінової конкурентоспроможності; прискорене впровадження інновацій
Міжнародні стандарти сталості (RED II/RED III, ISCC, RSB)	Встановлення вимог до вуглецевого сліду, простежуваності та походження сировини	Формування нецінових конкурентних переваг; доступ до регульованих і преміальних ринків
Сертифікація та верифікація виробництва	Підтвердження відповідності екологічним і соціальним вимогам; зниження інформаційної асиметрії	Зростання довіри міжнародних контрагентів; розширення експортних можливостей
Торговельні обмеження (тарифні й нетарифні)	Підвищення бар'єрів входу; захист внутрішніх ринків	Витіснення менш конкурентоспроможних виробників; посилення ролі технологічно та інституційно спроможних компаній
Антидемпінгові та компенсаційні заходи	Коригування умов конкуренції; запобігання ціновим викривленням	Підвищення справедливості конкуренції; стимулювання підвищення ефективності
Кліматична політика та ціноутворення на вуглець	Внутрішнє врахування екологічних витрат; стимул до декарбонізації	Конкурентні переваги для виробників із низьким вуглецевим слідом
Міжнародні торговельні правила (WTO)	Уніфікація процедур торгівлі; регламентація дозволених обмежень	Передбачуваність умов торгівлі; можливість правового захисту експортерів

Джерело: складено авторами за даними [3–5, 10].

курентції та доступ до преміальних ринків збу-ту [3, 4].

Державна політика підтримки біопалив-ного сектору залишається визначальним фак-тором його розвитку та міжнародної конку-рентоспроможності. Інструменти підтримки включають мандати на використання біопа-лива в транспорті, податкові пільги, прямі субсидії, інвестиційні гранти та механізми ціноутворення на вуглець. За оцінками International Energy Agency, саме стабіль-ність і передбачуваність політики підтримки формують довгострокові інвестиційні стиму-ли та дозволяють виробникам досягати ефек-ту масштабу, що безпосередньо трансфор-мується у конкурентні переваги на міжнарод-них ринках [4]. У країнах з розвиненими про-грамами підтримки (США, країни ЄС) дер-жавні інструменти суттєво знижують інвес-тиційні ризики та сприяють технологічному оновленню галузі (табл. 5).

Політики декарбонізації та екологічних вимог зумовила формування комплексної системи міжнародних стандартів сталості для біопалива, які охоплюють вимоги до по-

ходження сировини, скорочення викидів парникових газів протя-гом життєвого циклу та просте-жуваності виробництва. У краї-нах ЄС ці вимоги закріплені у Директиві про відновлювану енергію (RED II/RED III), що фактично перетворює стандарти сталості на інструмент конку-рентного відбору постачаль-ників [5]. Дотримання міжнарод-них стандартів сталості підви-щує довіру до біопалива як това-ру міжнародної торгівлі та за-безпечує виробникам доступ до регульованих ринків із високою платоспроможністю [3] (табл. 5).

Поряд із підтримуючими інструментами, регуляторне се-редовище включає й обмежу-вальні механізми, зокрема та-рифні та нетарифні бар'єри, ан-тидемпінгові заходи, вимоги до сертифікації та верифікації ста-лості. Сертифікаційні схеми (ISCC, RSB та ін.) стають обо-в'язковою умовою доступу до ключових імпорتنних ринків і вод-ночас підвищують транзакційні витрати виробників. У рамках правил World Trade Organization

такі обмеження формально мають недискри-мінаційний характер, однак на практиці вони посилюють конкуренцію за рахунок підви-щення вимог до технологічної та інституц-ійної спроможності виробників [10]. Відпо-відно, сертифікація та відповідність торго-вельним вимогам трансформуються з бар'є-ру входу у джерело стійких конкурентних переваг для компаній, здатних інтегрувати ці вимоги у свою бізнес-модель (табл. 5).

Наведена таблиця 5 демонструє, що інституційні та регуляторні інструменти формують багатовимірний вплив на конку-рентоспроможність виробників біопалива. Державна підтримка та стандарти сталості створюють стимули для розвитку й інно-вацій, тоді як торговельні обмеження та сер-тифікаційні вимоги виконують функцію відбору, підвищуючи роль інституційної спроможності виробників. У глобальному вимірі саме здатність адаптуватися до регу-ляторного середовища та інтегрувати його вимоги у бізнес-стратегію перетворює регу-ляцію з бар'єра на джерело стійких конку-рентних переваг.

Таблиця 6. Форми інтеграції виробників біопалива у глобальні ланцюги створення вартості та їх конкурентні ефекти

Форма інтеграції	Інструмент інтеграції	Конкурентний ефект для виробників біопалива
Міжнародні партнерства	Контракти з іноземними постачальниками та трейдерами; спільні логістичні проекти	Зниження трансакційних витрат; підвищення стабільності постачання; розширення доступу до міжнародних ринків
Участь у глобальних ланцюгах створення вартості (GVC)	Інтеграція у багаторівневі виробничі та збутові мережі	Зростання доданої вартості; підвищення ролі виробника у ланцюгу; диверсифікація ринків збуту
Співпраця з транснаціональними корпораціями	Ліцензування технологій; контрактне виробництво; участь у корпоративних екосистемах	Доступ до інновацій та інвестицій; підвищення стандартів якості; посилення міжнародної конкурентоспроможності
Стратегічні альянси	Спільні інвестиційні проекти; кооперація у сфері R&D; розподіл ризиків	Прискорення технологічного розвитку; зниження інвестиційних ризиків; довгострокові конкурентні переваги
Вертикальна інтеграція	Поєднання виробництва сировини, переробки та збуту	Зменшення витрат; контроль якості; підвищення цінової та нецінової конкурентоспроможності
Горизонтальна кооперація	Об'єднання виробників; спільні маркетингові платформи	Посилення ринкових позицій; економія на масштабі; підвищення переговорної спроможності
Інноваційні та кластерні об'єднання	Біоенергетичні кластери; співпраця з науковими установами	Зростання інноваційного потенціалу; розвиток екосистеми; стійка конкурентна позиція

Джерело: складено авторами за даними [3, 4, 11, 12, 13].

4. Інтеграція виробників біопалива у глобальні ланцюги створення вартості (табл. 6).

Інтеграція у глобальні ланцюги створення вартості (Global Value Chains, GVC) є одним із ключових міжнародних чинників формування конкурентних переваг виробників біопалива. В умовах глобальної трансформації енергетичних ринків саме включення у GVC забезпечує доступ до інвестицій, сучасних технологій, міжнародних ринків збуту та стандартів сталості, що суттєво підвищує довгострокову конкурентоспроможність виробників [3, 4].

Міжнародні партнерства між виробниками біопалива, аграрними компаніями, енергетичними корпораціями та логістичними операторами відіграють важливу роль у розширенні участі у глобальних ланцюгах створення вартості. Такі партнерства сприяють оптимізації постачання сировини, зниженню трансакційних витрат і підвищенню ефективності логістики. За оцінками OECD, кооперація між учасниками GVC дозволяє виробникам біопалива переходити від експорту сировини до постачання продукції з вищою доданою вартістю, що формує стійкі конкурентні переваги на міжнародних ринках [11] (табл. 6).

Вагоме значення у розвитку глобальних ланцюгів створення вартості біопалива належить транснаціональним корпораціям (ТНК), які поєднують виробництво, переробку, торгівлю та логістику в межах єдиних корпоративних структур. ТНК виступають провідними провайдером інновацій, інвестицій і стандартів сталості, визначаючи правила доступу до глобальних ринків. Участь у ланцюгах, контрольованих ТНК, дозволяє локальним виробникам біопалива інтегруватися у міжнародні ринки за

умови відповідності технологічним і екологічним вимогам, що трансформується у підвищення їхньої конкурентоспроможності [4, 12] (табл. 6).

Стратегічні альянси між виробниками біопалива, енергетичними компаніями та фінансовими інститутами є ефективним інструментом зміцнення позицій у глобальних ланцюгах створення вартості. Такі альянси сприяють спільному фінансуванню інноваційних проектів, впровадженню низьковуглецевих технологій та розподілу ризиків, пов'язаних із волатильністю сировинних і енергетичних ринків. Стратегічні альянси у сфері біоенергетики прискорюють трансфер технологій і забезпечують виробникам доступ до глобальних ринків капіталу, що є критично важливим для формування довгострокових конкурентних переваг [3, 13] (табл. 6).

Систематизація форм інтеграції у глобальні ланцюги створення вартості свідчить (табл. 5), що конкурентні переваги виробників біопалива формуються не лише на рівні окремих компаній, а й у межах міжфірмових мереж і міжнародних коопераційних структур. Поєднання міжнародних партнерств, співпраці з транснаціональними корпораціями та стратегічних альянсів дозволяє виробникам підвищувати інноваційний потенціал, розширювати ринки збуту та забезпечувати довгострокову конкурентоспроможність у глобальній енергетичній системі.

Ключові ризики для виробників біопалива в глобальній економіці значною мірою пов'язані з ціновою волатильністю та регуляторними змінами. Цінова нестабільність зумовлена "подвійною" природою біопалива як енергоносія й аграрного товару: коливання цін на нафту

та нафтопродукти змінюють конкурентну позицію біопалива в паливному балансі, тоді як флуктуації цін на сировину (зернові, олійні культури, біомаса) безпосередньо впливають на собівартість і маржинальність виробництва [4, 14]. Додатково ризики посилюються тим, що попит і ціни на біопаливо суттєво залежать від державних мандатів і політики підтримки, які можуть коригуватися у відповідь на інфляційні шоки, продовольчу безпеку або зміну кліматичних пріоритетів [4, 15]. Регуляторна невизначеність найбільш виразна на ринках із сильним політичним регулюванням: наприклад, у США параметри Renewable Fuel Standard встановлюються регулятором після 2022 року в межах спеціальних повноважень, а наступні перегляди мандатів (зокрема щодо 2026—2027 рр.) створюють додаткову невизначеність для інвестування та контрахтування [16, 17]. У ЄС ризики мають форму "підвищення планки" через посилення вимог до сталості, простежуваності та кліматичної результативності, що підвищує витрати на комплаєнс і може змінювати структуру конкурентного відбору постачальників [5, 18].

Перспективи розширення міжнародних ринків біопалива визначаються поєднанням зростаючого попиту в транспортному секторі, посиленням політики декарбонізації та технологічного оновлення портфеля (етанол, біодизель, HVO/renewable diesel, біопаливо для авіації). За оцінками IEA, світовий попит на транспортні біопалива у 2023—2028 рр. має зрости на 38 млрд. л, а сукупний обсяг попиту — підвищитися до приблизно 200 млрд літрів/рік до 2028 р., при цьому дві третини приросту припадає на renewable diesel і етанол, що формує додаткові можливості для міжнародної торгівлі й експорту з країн-виробників із конкурентною сировинною базою та достатніми потужностями переробки [4, 19]. Водночас розширення саме міжнародних ринків відбуватиметься нерівномірно: попит зростає, але транскордонні потоки залишаються чутливими до політики мандатів, стандартів змішування та вимог сталості, що сегментує ринок і підвищує роль нецінової конкуренції (сертифікація, простежуваність, вуглецевий слід) [4, 7].

У середньостроковій перспективі додатковим драйвером розширення ринків є інституційна підтримка використання відновлюваних палив у транспорті в ЄС, зокрема через механізми імплементації оновленої директиви RED і стимулювання "просунутих" біопалив та RFNBO у транспорті, що розширює нішевий попит на паливо з кращими показниками ста-

лості й відкриває можливості для експортерів, здатних забезпечити відповідність вимогам [20]. Паралельно OECD-FAO у десятирічних прогнозах підкреслюють, що міжнародна торгівля біопаливом і надалі розвиватиметься під впливом поєднання аграрної кон'юнктури, політики підтримки та торговельних обмежень, тобто розширення ринків супроводжуватиметься підвищенням значущості регуляторного комплаєнсу (комплаєнс — це система дотримання компанією зовнішніх і внутрішніх вимог, яка забезпечує відповідність її діяльності законодавству, міжнародним стандартам, регуляторним нормам, етичним принципам і корпоративним політикам) та управління ризиками волатильності [7, 21]. Отже, перспективи зростання міжнародних ринків біопалива є позитивними, але реалізуються переважно через "регульовані" канали, де конкурентні переваги виробників формуються не лише ціною, а й здатністю відповідати стандартам сталості, забезпечувати надійні поставки та інтегруватися у глобальні ланцюги створення вартості [4, 7].

Для держав із розвиненим аграрним сектором біопаливо може стати інструментом підвищення доданої вартості та диверсифікації експорту, але за умови переходу від "сировинної" моделі до моделі з орієнтацією на ефективність переробки, енергологістику та відповідність стандартам сталості. OECD-FAO акцентують, що конкурентоспроможність у біопаливному сегменті визначається не лише ресурсною базою, а й здатністю адаптувати виробництво до вимог ринку (якість, сталість, простежуваність) та керувати ризиками цінових циклів. Водночас посилення вимог у провідних імпортерських юрисдикціях (насамперед ЄС) підвищує бар'єр входу, але для виробників, що відповідають критеріям, це перетворюється на джерело стійких конкурентних переваг [21].

Стратегічні орієнтири для міжнародного бізнесу в сегменті біопалива полягають у тому, що конкуренція дедалі більше переходить від суто цінової моделі до регульовано-ринкової, де доступ до ключових ринків і фінансування визначається відповідністю стандартам сталості, простежуваності та вуглецевої результативності. По-перше, компаніям необхідно вибудовувати комплаєнс-стратегію (сертифікація, верифікація ланцюга постачання, LCA-оцінювання), оскільки в ЄС вимоги оновленої Директиви про відновлювану енергію (RED III) фактично перетворюють сталість на критерій конкурентного відбору постачальників і зумовлюють зростання нецінових бар'єрів входу [22]. По-друге, у США ринкові можливості та інве-

стиційні рішення суттєво залежать від параметрів програми Renewable Fuel Standard, які встановлюються регулятором у межах "set authority" після 2022 р.; це означає підвищені вимоги до регуляторного моніторингу, сценарного планування та управління портфелем контрактів [23]. По-третє, прогнозоване зростання попиту на транспортні біопалива до 2028 р. посилює конкуренцію за ресурси, логістику й ринкові ніші, тому міжнародні компанії мають переорієнтовуватися на портфельну диверсифікацію продуктів (етанол, біодизель, HVO/renewable diesel тощо), масштабування та інтеграцію в GVC через партнерства з трейдерами, логістичними операторами й енергетичними компаніями [4, 19]. По-четверте, під впливом регуляторних вимог і волатильності аграрно-енергетичних ринків зростає роль управління ризиками (структурування довгострокових контрактів, хеджування, гнучкі умови поставання), що прямо впливає з прогнозів і припущень щодо динаміки ринків біопалив у середньостроковій перспективі [7]. Отже, для міжнародного бізнесу біопаливо стає сферою, де конкурентні переваги формуються через поєднання комплаєнсу, інноваційності, інтеграції в ланцюги створення вартості та професійного регуляторно-ризикового менеджменту.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У ході дослідження встановлено, що біопаливо посідає стратегічне місце у структурі відновлюваної енергетики, особливо в транспортному секторі, де воно виступає одним із ключових інструментів реалізації політики декарбонізації та забезпечення енергетичної безпеки. Водночас міжнародна торгівля біопаливом характеризується високим рівнем регуляторної залежності, що зумовлює сегментацію ринків і посилення ролі нецінових конкурентних переваг, зокрема відповідності стандартам сталості, простежуваності та вуглецевої ефективності.

Вирішальне значення для підвищення міжнародної конкурентоспроможності виробників біопалива мають технологічна ефективність виробничих процесів, інноваційна активність, рівень декарбонізації та цифровізації. Важливим чинником формування довгострокових конкурентних переваг є інтеграція виробників у глобальні ланцюги створення вартості через міжнародні партнерства, співпрацю з транснаціональними корпораціями та участь у стратегічних альянсах. Саме така інтеграція забезпечує доступ до інвестицій, сучасних технологій і регулюва-

них ринків збуту, що суттєво посилює позиції виробників у глобальній конкуренції.

Оснoсними викликами, що стримують розвиток біопаливного сектору є цінова волатильність на енергетичних і аграрних ринках, регуляторна невизначеність, зростання витрат на комплаєнс та посилення екологічних і соціальних вимог з боку основних імпортерів. У таких умовах конкурентоспроможність виробників дедалі більше залежить від їхньої здатності адаптувати бізнес-моделі до змін регуляторного середовища, ефективно управляти ризиками та поєднувати цінові й нецінові інструменти конкурентної боротьби. Перспективи подальших наукових розвідок у цьому напрямі доцільно пов'язувати із дослідженням ролі інноваційних технологій, цифрових платформ і фінансових інструментів у формуванні конкурентних переваг.

Література:

1. World Energy Outlook 2023. International Energy Agency. Paris: IEA. 2023. URL: <https://www.iea.org> (дата звернення: 10.01.2026).
2. World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: IRENA. 2023. URL: <https://www.irena.org> — (дата звернення: 11.01.2026).
3. Bioenergy for the Energy Transition: Ensuring Sustainability. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: IRENA. 2022. URL: <https://www.irena.org> (дата звернення: 12.01.2026).
4. Renewables 2023: Transport Biofuels. International Energy Agency. Paris: IEA. 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/transport-biofuels> — (дата звернення: 11.01.2026).
5. Renewable Energy Directive (EU) 2018/2001 and amendments. European Commission. Brussels, 2023. URL: <https://energy.ec.europa.eu> (дата звернення: 13.01.2026).
6. Renewable Fuel Standard Program: Final Renewable Fuel Standards. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC, 2023. URL: <https://www.epa.gov> (дата звернення: 10.01.2026).
7. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024—2033. OECD; FAO. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2024. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 12.01.2026).
8. Logistics Performance Index. World Bank. Washington, DC, 2023. URL: <https://lpi.worldbank.org> (дата звернення: 12.01.2026).
9. Innovation in Low-Carbon Energy Technologies. OECD. Paris: OECD Publishing, 2021. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 14.01.2026).
10. World Trade Report: Climate Change and International Trade. World Trade Organization.

Geneva: WTO, 2022. URL: <https://www.wto.org> (дата звернення: 14.01.2026).

11. Global Value Chains and Trade Policy. OECD. Paris: OECD Publishing, 2021. URL: <https://www.oecd.org> (дата звернення: 15.01.2026).

12. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. International Energy Agency. Paris: IEA, 2021. URL: <https://www.iea.org> (дата звернення: 10.01.2026).

13. Global Bioenergy Supply and Demand Projections. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi: IRENA, 2022. URL: <https://www.irena.org> (дата звернення: 11.01.2026).

14. Agricultural Outlook 2024—2033: Biofuels, Prices and Assumptions. OECD; FAO. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2024. URL: <https://www.oecd.org> — (дата звернення: 11.01.2026).

15. Renewable Energy Market Update. International Energy Agency. Paris: IEA, 2024. URL: <https://www.iea.org> (дата звернення: 09.01.2026).

16. Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC, 2023. URL: <https://www.epa.gov> (дата звернення: 09.01.2026).

17. USEPA expects to finalize biofuel rules in first quarter of 2026. Reuters. 16 Dec. 2025. URL: <https://www.reuters.com> (дата звернення: 07.01.2026).

18. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council (RED III). EUR-Lex. Official Journal of the European Union, 31.10.2023. URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення: 09.01.2026).

19. IEA Renewables 2023 — Biofuel and Biogas Forecasts. IEA Bioenergy. 2024. URL: <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/iea-renewables-2023-biofuel-and-biogas-forecasts/> (дата звернення: 11.01.2026).

20. Guidance on the targets for the consumption of renewable fuels of non-biological origin (RFNBOs) and advanced biofuels. European Commission. Official Journal of the European Union, 27.05.2025. URL: <https://eur-lex.europa.eu> (дата звернення: 09.01.2026).

21. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024—2033. OECD; FAO. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2024. URL: https://www.oecd.org/en/publications/2024/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_e173f332.html (дата звернення: 12.01.2026).

22. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001 (RED III). Official Journal of the European Union, 31.10.2023. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng> (дата звернення: 12.01.2026).

23. Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025. U.S. Environmental Protec-

tion Agency. 2023. URL: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard> (дата звернення: 12.01.2026).

24. Biofuels. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033. FAO. Rome: FAO, 2024. URL: <https://openknowledge.fao.org/3/cd0991en/biofuels.pdf> (дата звернення: 15.01.2026).

25. Bioenergy. Renewables in Energy Supply. REN21. 2025. URL: <https://www.ren21.net/gsr-2025/technologies/bioenergy/>

26. Biofuel production worldwide. Our World in Data. Oxford: Global Change Data Lab, 2024. URL: <https://ourworldindata.org/biofuels> (дата звернення: 17.01.2026).

27. Biofuels explained: Ethanol and biodiesel production. U.S. Energy Information Administration. Washington, DC: EIA, 2024. URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels> (дата звернення: 17.01.2026).

28. EU Biofuels Annual: Market and policy developments. European Commission. Brussels: European Commission, 2023. URL: <https://agriculture.ec.europa.eu> (дата звернення: 15.01.2026).

29. Statistical Review of World Energy 2024. Energy Institute. London: Energy Institute, 2024. URL: <https://www.energyinst.org/statistical-review> (дата звернення: 16.01.2026).

30. Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. Transport Biofuels. International Energy Agency. Paris: IEA, 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023> (дата звернення: 15.01.2026).

31. Renewables 2024 Global Status Report. REN21. Paris: REN21 Secretariat, 2024. URL: <https://www.ren21.net/gsr-2024> (дата звернення: 15.01.2026).

32. EU Biofuels Annual: Market and policy developments. European Commission. Brussels: European Commission, 2023. URL: <https://agriculture.ec.europa.eu> (дата звернення: 16.01.2026).

References:

1. International Energy Agency (2023), "World Energy Outlook 2023", available at: <https://www.iea.org> (Accessed 10.01.2026).

2. International Renewable Energy Agency (2023), "World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway", available at: <https://www.irena.org> (Accessed 11.01.2026).

3. International Renewable Energy Agency (2022), "Bioenergy for the Energy Transition: Ensuring Sustainability", available at: <https://www.irena.org> (Accessed 12.01.2026).

4. International Energy Agency (2023), "Renewables 2023: Transport Biofuels", available at: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/transport-biofuels> — (Accessed 11.01.2026).

5. European Commission (2023), "Renewable Energy Directive (EU) 2018/2001 and amendments", available at: <https://energy.ec.europa.eu> (Accessed 13.01.2026).

6. U.S. Environmental Protection Agency (2023), "Renewable Fuel Standard Program: Final Renewable Fuel Standards", available at: <https://www.epa.gov> (Accessed 10.01.2026).

7. OECD; FAO (2024), "OECD-FAO Agricultural Outlook 2024—2033", available at: <https://www.oecd.org> (Accessed 12.01.2026).

8. World Bank (2023), "Logistics Performance Index", available at: <https://lpi.worldbank.org> (Accessed 12.01.2026).

9. OECD (2021), "Innovation in Low-Carbon Energy Technologies", available at: <https://www.oecd.org> (Accessed 14.01.2026).

10. World Trade Organization (2022), "World Trade Report: Climate Change and International Trade", available at: <https://www.wto.org> (Accessed 14.01.2026).

11. OECD (2021), "Global Value Chains and Trade Policy", available at: <https://www.oecd.org> (Accessed 15.01.2026).

12. International Energy Agency (2021), "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector", available at: <https://www.iea.org> (Accessed 10.01.2026).

13. International Renewable Energy Agency (2022), "Global Bioenergy Supply and Demand Projections", available at: <https://www.irena.org> (Accessed 11.01.2026).

14. OECD; FAO (2024), "Agricultural Outlook 2024—2033: Biofuels, Prices and Assumptions", available at: <https://www.oecd.org> (Accessed 11.01.2026).

15. International Energy Agency (2024), "Renewable Energy Market Update", available at: <https://www.iea.org> (Accessed 09.01.2026).

16. U.S. Environmental Protection Agency (2023), "Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025", available at: <https://www.epa.gov> (Accessed 09.01.2026).

17. Reuters (2025), "US EPA expects to finalize biofuel rules in first quarter of 2026", available at: <https://www.reuters.com> (Accessed 07.01.2026).

18. EUR-Lex. Official Journal of the European Union (2023), "Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council (RED III)", available at: <https://eur-lex.europa.eu> (Accessed 09.01.2026).

19. IEA Bioenergy (2024), "IEA Renewables 2023 — Biofuel and Biogas Forecasts", available at: <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/iea-renewables-2023-biofuel-and-biogas-forecasts/> (Accessed 11.01.2026).

20. European Commission (2025), "Guidance on the targets for the consumption of renewable fuels of non-biological origin (RFNBOs) and advanced biofuels", available at: <https://eur-lex.europa.eu> (Accessed 09.01.2026).

21. OECD; FAO (2024), "OECD-FAO Agricultural Outlook 2024-2033", available at: https://www.oecd.org/en/publications/2024/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_e173-f332.html (Accessed 12.01.2026).

22. Official Journal of the European Union (2023), "Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001 (RED III)", available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj/eng> (Accessed 12.01.2026).

23. U.S. Environmental Protection Agency (2023), "Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025", available at: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard> (Accessed 12.01.2026).

24. OECD; FAO (2024), "Biofuels. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024—2033", available at: <https://openknowledge.fao.org/3/cd0991en/biofuels.pdf> (Accessed 15.01.2026).

25. REN21 (2025), "Bioenergy. Renewables in Energy Supply", available at: <https://www.ren21.net/gsr-2025/technologies/bioenergy/>

26. Global Change Data Lab (2024), "Biofuel production worldwide. Our World in Data", available at: <https://ourworldindata.org/biofuels> (Accessed 17.01.2026).

27. U.S. Energy Information Administration (2024), "Biofuels explained: Ethanol and biodiesel production", available at: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels> (Accessed 17.01.2026).

28. European Commission (2023), "EU Biofuels Annual: Market and policy developments", available at: <https://agriculture.ec.europa.eu> (Accessed 15.01.2026).

29. Energy Institute (2024), "Statistical Review of World Energy 2024", available at: <https://www.energyinst.org/statistical-review> (Accessed 16.01.2026).

30. International Energy Agency (2023), "Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028. Transport Biofuels", available at: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023> (Accessed 15.01.2026).

31. REN21 (2024), "Renewables 2024 Global Status Report", available at: <https://www.ren21.net/gsr-2024> (Accessed 15.01.2026).

32. European Commission (2023), "EU Biofuels Annual: Market and policy developments", available at: <https://agriculture.ec.europa.eu> (Accessed 16.01.2026).

Стаття надійшла до редакції 22.01.2026 р.