

УДК 338.43:620.92:502.171(477)
JEL classification Q16, Q42, Q57, O13
[https://doi.org/10.31891/dsim-2026-13\(41\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2026-13(41))

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ АКТИВІЗАЦІЇ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ЦИКЛІЧНОЇ ЕКОНОМІКИ

ЦЮПА Степан

викладач

ВСП «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»,
<https://orcid.org/0009-0003-0601-9589>

Стаття представляє комплексне дослідження стратегічної трансформації енергетичного ландшафту України крізь призму принципів циклічної біоекономіки. В умовах безпрецедентних викликів, спричинених повномасштабною збройною агресією та подальшою втратою понад 27 ГВт генеруючих потужностей, обґрунтовано перехід до децентралізованої, гнучкої та стійкої енергетичної системи як чинника національного виживання. На відміну від нестабільної сонячної та вітрової генерації, біоенергетика представлена як унікальний стратегічний ресурс, здатний забезпечити стабільне базове навантаження національної мережі, одночасно вирішуючи завдання декарбонізації та відновлення родючості ґрунтів.

Наукова новизна дослідження полягає у системній інтеграції організаційно-економічних механізмів – від нещодавно впровадженої моделі «ринкової премії» (Feed-in Premium) до значних податкових та митних пільг – у концептуальні межі циклічної економіки. У роботі прискільки проаналізовано парадигму «Waste-to-Wealth» (відходи до багатства), де сільськогосподарські залишки перетворюються з екологічного обтяження на цінні енергетичні та матеріальні активи. Особливу увагу приділено сектору біометану, який станом на 2025–2026 роки став критично важливим експортним товаром та прямим замінником викопного природного газу.

Крім того, у дослідженні визначено п'ять стратегічних напрямів розширення потужностей, включаючи розвиток промислових біорефінерій та масштабне вирощування енергетичних культур на малопродуктивних землях як інструменту фіторе mediaції. Проаналізовано технічні, економічні та регуляторні бар'єри, що стримують зростання сектору, зокрема високу вартість капіталу та складність міжнародної сертифікації сталості згідно з Директивою RED III. Висновки пропонують дорожню карту для залучення інвестицій обсягом 20 млрд дол. США, необхідних до 2030 року, наголошуючи, що синергія між аграрним та енергетичним секторами дозволить Україні стати провідним «зеленим» енергетичним донором у межах плану ЄС REPowerEU.

Ключові слова: біоенергетика, циклічна економіка, біометан, енергетична незалежність, ринкова премія, розподілена генерація, декарбонізація, REPowerEU, Waste-to-Wealth, фіторе mediaція.

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISMS FOR ACTIVATING UKRAINE'S BIOENERGY POTENTIAL ON THE BASIS OF A CIRCULAR ECONOMY

TSIUPA Stepan

Structural subdivision "Ternopil Professional College" of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

The article presents a comprehensive study of the strategic transformation of Ukraine's energy landscape through the lens of circular bioeconomy principles. Amid the unprecedented challenges posed by the full-scale armed aggression and the subsequent loss of over 27 GW of generating capacity, the transition toward a decentralized, flexible, and resilient energy system is recognized as a factor in national survival. Unlike volatile solar and wind generation, bioenergy is presented as a unique strategic resource capable of providing a stable base load for the national grid while simultaneously addressing decarbonization and soil fertility restoration.

The scientific novelty of the research lies in the systemic integration of organizational and economic mechanisms — ranging from the recently implemented Feed-in Premium model to significant tax and customs incentives — into the conceptual framework of the circular economy. The paper meticulously analyzes the "Waste-to-Wealth" paradigm, in which agricultural residues are transformed from an environmental burden into valuable energy and material resources. Attention is paid to the biomethane sector, which, as of 2025–2026, has emerged as a critically important export commodity and a direct substitute for fossil natural gas.

Furthermore, the study identifies five strategic directions for capacity expansion, including the development of industrial biorefineries and the large-scale cultivation of energy crops on marginal lands for phytoremediation. The research analyzes the technical, economic, and regulatory barriers hindering the sector's growth, specifically the high capital costs and the complexities of international sustainability certification under the RED III Directive. The conclusions offer a roadmap for attracting \$20 billion in investment by 2030, emphasizing that the synergy between the agricultural and energy sectors will enable Ukraine to become a leading "green" energy donor within the EU REPowerEU plan.

Keywords: bioenergy, circular economy, biomethane, energy independence, market premium, distributed generation, decarbonization, REPowerEU, Waste-to-Wealth, phytoremediation.

Стаття надійшла до редакції / Received 28.12.2025
Прийнята до друку / Accepted 09.01.2026
Опубліковано / Published 29.01.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Цюпа Степан

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

Сучасний етап розвитку світової енергетики характеризується фундаментальним зсувом парадигми від використання викопного палива до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що зумовлено кліматичною кризою та геополітичними трансформаціями. Для України ці процеси набули особливої гостроти після лютого 2022 року, коли енергетична безпека перетворилася з економічної категорії на чинник національного виживання. Повномасштабна збройна агресія призвела до втрати понад 27 ГВт генеруючих потужностей та критичного пошкодження магістральних мереж, що вимагає негайного переходу до децентралізованої, гнучкої та стійкої енергетичної системи [1].

Біоенергетичний потенціал України, що базується на потужному аграрному секторі, виступає стратегічним ресурсом для досягнення енергонеалежності. На відміну від сонячної та вітрової генерації, біоенергетика здатна забезпечити базове навантаження мережі, нівелюючи проблему дефіциту маневрених потужностей. Активізація цього потенціалу потребує впровадження організаційно-економічних механізмів, що базуються на засадах циклічної економіки (circular economy), де відходи сільського господарства та промисловості розглядаються не як тягар, а як цінний енергетичний та матеріальний ресурс.

Концепція циклічної біоекономіки передбачає створення замкнених циклів "ресурси-продукція-відновлювані ресурси", що дозволяє одночасно вирішувати проблеми енергопостачання, декарбонізації та відновлення родючості ґрунтів. В умовах інтеграції України до європейського енергетичного простору та реалізації плану REPowerEU, розвиток біоенергетичних потужностей стає ключовим елементом не лише національної стійкості, а й майбутнього експортного потенціалу, зокрема у секторі біометану.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження організаційно-економічних механізмів розвитку біоенергетики в Україні має глибоке теоретичне підґрунтя. Н. Прушляк [2] у своїй фундаментальній роботі обґрунтовує концепцію складових біоенергетичного потенціалу та пропонує методичні підходи до оцінки економічної ефективності використання агробіомаси. Авторка виокремлює етапи стратегічного управління виробництвом біопалив та наголошує на важливості державної політики у формуванні ринку відновлюваних джерел енергії.

Значний внесок у розвиток сектору біометану зроблено Г. Г. Гелетухою та науковцями Біоенергетичної асоціації України [3]. Їхні дослідження зосереджені на перспективах заміщення природного газу відновлюваними газами та можливостях інтеграції України до ринку ЄС. Г. Гелетуха підкреслює, що виробництво біометану є не лише енергетичним, а й агрохімічним інструментом, оскільки дозволяє виробляти високоякісні органічні добрива — дигестати.

Проблеми циклічної біоекономіки та використання біомаси як драйвера конкурентоспроможності економіки досліджуються О. М. Шпичаком [4]. Він доводить, що вирощування енергетичних культур на малопродуктивних землях є ключем до енергетичної автономії аграрних підприємств та сталого розвитку територій. Питання декарбонізації через глибоку переробку агросировини, зокрема кукурудзи, аналізуються у працях О. М. Кушніренка [5] та співавторів, де біоекономіка розглядається як реальна альтернатива викопному паливу.

Т. Курбатова, І. Сотник та інші дослідники [6] аналізують тенденції повоєнного енергетичного переходу, акцентуючи увагу на бар'єрах (регуляторних, економічних, технічних), що стримують розвиток біоенергетики, та пропонують шляхи їх подолання через удосконалення механізмів підтримки, таких як ринкові премії та аукціони. У працях закордонних науковців, зокрема у контексті циклічної економіки [7], наголошується на важливості інтегрованих біорефінерій та цифровізації процесів моніторингу матеріальних потоків.

Водночас, динамічні зміни в енергетичному ландшафті України після 2022 року вимагають оновлення стратегічних підходів та глибшого аналізу механізмів активізації потужностей в умовах воєнного стану та підготовки до реалізації Національного плану з енергетики та клімату (НПЕК) до 2030 року.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою дослідження є обґрунтування стратегічних напрямів та організаційно-економічних механізмів активізації біоенергетичного потенціалу України в контексті забезпечення енергетичної незалежності та впровадження принципів циклічної економіки у повоєнний період.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Руйнування централізованої енергетичної інфраструктури, що була успадкована від радянського періоду, поставило перед Україною виклик форсованого переходу до розподіленої генерації. Біоенергетика в цій системі займає унікальну нішу, оскільки дозволяє створювати локальні енергетичні вузли (мікромережі), здатні автономно забезпечувати потреби громад та промисловості. За даними енергетичних стратегій, розвиток малих потужностей (від 5 до 100 МВт) є єдиним способом запобігти загальнонаціональним блекаутам, оскільки такі об'єкти є складнішими цілями для атак і забезпечують гнучкість системи [1].

Активізація біоенергетичного потенціалу прямо корелює з ініціативою REPowerEU [8], яка спрямована на фазування імпорту російських викопних ресурсів через розвиток чистої енергії та енергоефективності. Україна, маючи значні запаси агробіомаси, може не лише замінити власний дефіцит енергії, а й стати гарантом енергетичної безпеки ЄС, експортуючи біометан та інші види сталого палива.

Реалізація стратегічних цілей енергетичного переходу України вимагає чіткого дотримання кількісних параметрів, закладених у ключових програмних документах. Основним інструментом декарбонізації та диверсифікації джерел генерації є Національний план з енергетики та клімату (НПЕК) [9], який визначає динаміку частки відновлюваних ресурсів та обсяги необхідного капіталу для їх освоєння до 2030 року. Ключові цільові показники цього переходу, що формують рамки для розвитку біоенергетичного сектору, систематизовано в таблиці 1.

Таблиця 1

Цільові показники енергетичного переходу України до 2030 року

Показник	Значення згідно з НПЕК
Частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у кінцевому енергоспоживанні	27%
Скорочення викидів парникових газів порівняно з 1990 роком	65%
Необхідний обсяг інвестицій у сектор ВДЕ	\$20 млрд
Цільова частка ВДЕ в електроенергетиці	25.4%
Цільова частка ВДЕ в опаленні та охолодженні	35%

Джерело: Розроблено автором за [1, 9]

Для досягнення амбітних цілей НПЕК держава впроваджує комплекс організаційних та економічних інструментів. Ключовим моментом є зміна моделі підтримки ВДЕ: від фіксованого "зеленого" тарифу, який спричинив значні фінансові дисбаланси, до ринкових механізмів. Закон № 3220-IX [10] запровадив "ринкову премію" (Feed-in Premium), що стимулює виробників енергії з біомаси самостійно продавати електроенергію на ринку, отримуючи доплату лише у разі перевищення собівартості над ринковою ціною.

Важливим економічним важелем є надання податкових та митних пільг для інвестиційних проєктів зі значними інвестиціями (таблиця 2). Згідно з законодавством, інвестори в біогазові та біометанові установи можуть отримати державну підтримку обсягом до 30% від CAPEX проєкту.

Таблиця 2

Система організаційно-економічних стимулів для інвесторів у сектор біоенергетики

Вид пільги / стимулу	Опис механізму підтримки
Податок на прибуток	Звільнення від оподаткування на термін до 5 років
ПДВ та мито на імпорт	Звільнення при ввезенні нового обладнання (газогенератори, турбіни)
Земельні ресурси	Оренда державних/комунальних земель без аукціону та пільгові ставки
Інфраструктурна підтримка	Компенсація витрат на підключення до мереж та будівництво доріг
Фінансування через фонди	Пільгові кредити від Державного фонду декарбонізації ²³

Джерело: Розроблено автором за [11]

Організаційний аспект активізації потенціалу також включає спрощення регуляторних процедур. Прийняття Закону № 4213-IX у січні 2025 року спростило приєднання нових потужностей до мереж, що особливо критично для об'єктів розподіленої генерації. Для сектору біометану НКРЕКП спростила процедури підключення до газорозподільних систем, що дозволило розпочати перші експортні операції до Європи у лютому 2025 року.

Циклічна економіка перетворює біоенергетику з лінійної моделі спалювання ресурсів на систему багаторазового використання доданої вартості. Біомаса за своєю природою є ідеальним субстратом для циклічності, оскільки вона є відновлюваною та органічною. Впровадження принципів біо-циркуляції дозволяє мінімізувати втрати енергії та речовини на кожному етапі життєвого циклу продукту.

Одним із найбільш перспективних напрямів є використання сільськогосподарських відходів та залишків харчової промисловості для виробництва енергії. Замість того, щоб ставати джерелом забруднення, ці відходи конвертуються у біогаз, електроенергію, тепло та біодобрива [13]. Це створює модель "Waste-to-Wealth" (відходи до багатства), де економічна вигода поєднується з екологічним оздоровленням територій.

Важливим науковим інтересом є переробка біомаси, вирощеної на землях, забруднених важкими металами. Дослідження показують, що анаеробне зброджування такої біомаси дозволяє іммобілізувати понад 96% металів у дигестаті, який при дотриманні технологій може бути безпечно використаний [14]. Таким чином, біоенергетика виступає інструментом фіторе mediaції — очищення земель з одночасним отриманням енергетичного ресурсу.

На основі аналізу ресурсного потенціалу та законодавчого поля виокремлено п'ять стратегічних напрямів розширення потужностей:

1. Форсований розвиток біометанової індустрії. Біометан є прямим заміником природного газу

і може транспортуватися існуючою ГТС. Станом на 2025 рік Україна розпочала експорт біометану, що потребує подальшого розвитку реєстру гарантій походження та інтеграції з європейськими платформами. За прогнозами [15] потужність заводів повинна була зрости втричі протягом 2025 року.

2. Створення енергетичних плантацій на малопродуктивних землях. Вирощування енергетичної верби, міскантусу та тополі на 4 млн га непридатних для продовольчих культур земель дозволить замінити до 20 млрд м³ газу. Це також сприятиме декарбонізації через секвестрацію вуглецю в ґрунті.

3. Інтеграція біоенергетики в системи централізованого теплопостачання. Перехід комунальних котелень на біомасу знижує тарифи для споживачів та зменшує залежність від імпортного газу. Особливо ефективними є когенераційні установки, що виробляють тепло та електрику одночасно.

4. Розвиток промислових біорефінерій. Глибока переробка кукурудзи, соломи та іншої сировини дозволяє отримувати рідкі біопалива (біоетанол, біодизель), біопластики та кормові добавки. Це підвищує додану вартість аграрної продукції всередині країни.

5. Цифровізація та впровадження Smart-Grid. Використання IoT та блокчейну для моніторингу ланцюгів постачання біомаси та управління розподіленою генерацією забезпечує прозорість ринку та оптимальне навантаження мереж [16].

Незважаючи на значний прогрес, сектор стикається з низкою перешкод. Невідповідність державної політики та ігнорування специфіки різних видів біомаси призвели до певного відставання біоенергетики від сонячної та вітрової генерації. Основними бар'єрами є:

- економічні: висока вартість капіталу в умовах війни та тривалий термін окупності проєктів (особливо плантацій енергетичних культур);
- логістичні: низька щільність енергії в сировині (солома, лушпиння) здорожує її транспортування на великі відстані;
- технічні: необхідність модернізації мереж для приєднання розподіленої генерації та дефіцит маневрених потужностей;
- регуляторні: складність процедур сертифікації сталості біопалив для експорту в ЄС.

Вирішення цих проблем потребує гармонізації національного законодавства з Директивою RED III [17] та активного залучення фінансування через програму Ukraine Facility та інші міжнародні інструменти.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Активізація біоенергетичного потенціалу України є безальтернативним шляхом до забезпечення енергетичної незалежності та сталого економічного розвитку. Організаційно-економічні механізми мають бути спрямовані на перехід до децентралізованої моделі енергопостачання, де біоенергетика відіграє роль стабілізуючого фактору.

Стратегічні напрями розширення потужностей на засадах циклічної економіки передбачають не лише збільшення обсягів генерації, а й створення нових ланцюгів вартості, відновлення ресурсів та декарбонізацію промисловості. Впровадження ринкових інструментів підтримки, таких як аукціони та ринкові премії, разом із митними та податковими пільгами для інвесторів, створює сприятливий клімат для залучення необхідних \$20 млрд інвестицій до 2030 року.

Успіх реалізації цієї стратегії залежить від синергії між аграрним та енергетичним секторами, впровадження інноваційних технологій біометанізації та глибокої переробки сировини. Це дозволить Україні не лише вийти з енергетичної кризи, спричиненої війною, а й стати лідером європейської "зеленої" трансформації, забезпечивши стійкість своєї економіки на засадах циркулярності та екологічної відповідальності.

Література

1. Striving for Access, Security, and Sustainability: Ukraine's Transition to a Modern and Decentralized Energy System. URL: <https://www.csis.org/analysis/striving-access-security-and-sustainability>
2. Пришляк Н. В. Організаційно-економічний механізм виробництва біопалив із агробіомаси: теорія, методологія, практика : дис. ... д-ра економ. наук : 08.00.03. Вінниця, 2021. 468 с. URL: https://vsau.org/assets/images/content/nauka/specrady/dusert_PrushluakN.pdf
3. Гелетука Г. Г., Матвеєв Ю. Б. Перспективи виробництва біометану в Україні. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2021. № 3. Том 43. С. 65–70. <https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2021.8>
4. Шпичак О. М., Боднар О. В., Пашко С. О. Виробництво біопалива в Україні у контексті оптимального вирішення енергетичної проблеми. *Економіка АПК*. 2019, № 3. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201903013>
5. Kushnirenko O., Venger V., Valinkevych N., Hakhovych N., Bykonja O. Prospects for maize processing for the development of bioeconomy and decarbonisation in Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27(7). pp. 32-44. <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.32>

6. Kurbatova T., Sotnyk I., Trypolska G., Gerlitz L., Skibina T., Iha Prokopenko O., Kubatko O. Ukraine's Bioenergy Sector: Trends and Perspectives for the Post-war Green Energy Transition. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 2023. Vol. 13(5), pp. 515-532. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14633>
7. Hsiao C.-J., Hu J.-L. Biomass and Circular Economy: Now and the Future. *Biomass*. 2024. No.4. pp. 720-739. <https://doi.org/10.3390/biomass4030040>
8. REPowerEU. Affordable, secure and sustainable energy for Europe. EC. URL: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en
9. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року : схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25.07.2024 № 587-р. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=17f558a7-b4b4-42ca-b662-2811f42d4a33&title=NatsionalnyiPlanZEnergetikiTaKlimatuNaPeriodDo2030-Roku>
10. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та "зеленої" трансформації енергетичної системи України : Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text>
11. Інвестиції в біоенергетику України: стимули для відновлення. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/guide-investytsiyi-v-bioenergetyky-ukrayiny.pdf>
12. Про внесення змін до деяких законів України у сферах енергетики і теплопостачання щодо удосконалення окремих положень, пов'язаних із веденням господарської діяльності та дією воєнного стану в Україні : Закон України від 14.01.2025 № 4213-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4213-20#Text>
13. Pal P, Singh AK, Srivastava RK, Rathore SS, Sahoo UK, Subudhi S, Sarangi PK, Prus P. Circular Bioeconomy in Action: Transforming Food Wastes into Renewable Food Resources. *Foods*. 2024. 13(18):3007. <https://doi.org/10.3390/foods13183007>
14. Chinedu N., Isangadighi G. Circular Bioenergy Production from Heavy-Metal-Contaminated Biomass: An Integrated Biorefinery Optimization Approach. *International Journal of Chemistry and Chemical Processes*. 2026. Vol. 12 No. 1. <https://doi.org/10.56201/ijccp.vol.12.no1.2026.pg97.116>
15. Протягом 2025 року кількість біометанових заводів має зрости майже удвічі, їхня потужність - втричі – глава БАУ. URL: <https://reform.energy/news/protyagom-2025-roku-kilkist-biometanovikh-zavodiv-mae-zrosti-mayzhe-udvichi-ikhnya-potuzhnist-vtrichi-glava-bau-23650>
16. Coronado-Contreras S. A., Ibarra-Manzanares Z. G., Casas-Rodríguez A. D., Pastrana-Pastrana Á. J., Sepúlveda L., Rodríguez-Herrera R. Bio-Circular Economy and Digitalization: Pathways for Biomass Valorization and Sustainable Biorefineries. *Biomass*. 2026. Vol. 6(1):1. <https://doi.org/10.3390/biomass6010001>
17. Директива Європейського Парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 грудня 2018 року про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел (нова редакція) : Європарламент, Рада ЄС; Директива від 11.12.2018 № 2018/2001. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text

References

1. CSIS. (2024). *Striving for Access, Security, and Sustainability: Ukraine's Transition to a Modern and Decentralized Energy System*. Available at: <https://www.csis.org/analysis/striving-access-security-and-sustainability>
2. Pryshliak, N. V. (2021). *Orhanizatsiino-ekonomichniy mekhanizm vyrobnytstva biopalyv iz ahrobiomasy: teoriia, metodolohiia, praktyka* [Organizational and economic mechanism of biofuel production from agrobiomass: theory, methodology, practice] (Doctoral dissertation). Vinnytsia. Available at: https://vsau.org/assets/images/content/nauka/specrady/dusert_PrushluakN.pdf
3. Heletukha, H. H., & Matvieiev, Yu. B. (2021). Perspektyvy vyrobnytstva biometanu v Ukraini [Prospects for biomethane production in Ukraine]. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, vol. 43, no. 3, pp. 65–70. <https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2021.8>
4. Shpychak, O. M., Bodnar, O. V., & Pashko, S. O. (2019). Vyrobnytstvo biopalyva v Ukraini u konteksti optimalnoho vyryshennia enerhetychnoi problemy [Biofuel production in Ukraine in the context of optimal solution of the energy problem]. *Economy of APC*, no. 3. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201903013>
5. Kushnirenko, O., Venger, V., Valinkevych, N., Hakhovych, N., & Bykonja, O. (2024). Prospects for maize processing for the development of bioeconomy and decarbonisation in Ukraine. *Scientific Horizons*, vol. 27(7), pp. 32-44. <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.32>
6. Kurbatova, T., Sotnyk, I., Trypolska, G., Gerlitz, L., Skibina, T., Prokopenko, O., & Kubatko, O. (2023). Ukraine's Bioenergy Sector: Trends and Perspectives for the Post-war Green Energy Transition. *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 13(5), pp. 515-532. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14633>
7. Hsiao, C.-J., & Hu, J.-L. (2024). Biomass and Circular Economy: Now and the Future. *Biomass*, no. 4, pp. 720-739. <https://doi.org/10.3390/biomass4030040>
8. European Commission. (n.d.). *REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe*. Available at: https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en
9. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). *Natsionalnyi plan z enerhetyky ta klimatu na period do 2030 roku* [National Energy and Climate Plan for the period up to 2030]. Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 25, 2024, No. 587-r. Available at: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=17f558a7-b4b4-42ca-b662-2811f42d4a33&title=NatsionalnyiPlanZEnergetikiTaKlimatuNaPeriodDo2030-Roku>
10. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023). *Pro vnesennia zmin do deiakyykh zakoniv Ukraini shchodo vidnovlennia ta "zelenoi" transformatsii enerhetychnoi systemy Ukrainy* [On amendments to some laws of Ukraine regarding restoration and "green" transformation of the energy system of Ukraine]. Law No. 3220-IX. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text>
11. UkraineInvest. (2025). *Investysii v bioenerhetyku Ukrainy: stymuly dlia vidnovlennia* [Investments in bioenergy of Ukraine: incentives for recovery]. Available at: <https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/guide-investytsiyi-v-bioenergetyky-ukrayiny.pdf>
12. Verkhovna Rada of Ukraine. (2025). *Pro vnesennia zmin do deiakyykh zakoniv Ukrainy u sferakh enerhetyky i teplopystachannia shchodo udoskonalennia okremykh polozhen, pov'iazanykh iz vedenniam hospodarskoi diialnosti ta diiei voiennoho stanu v*

Ukraini [On amendments to some laws of Ukraine in the fields of energy and heat supply regarding the improvement of certain provisions related to business activities and the state of martial law]. Law No. 4213-IX. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4213-20#Text>

13. Pal, P., Singh, A. K., Srivastava, R. K., et al. (2024). Circular Bioeconomy in Action: Transforming Food Wastes into Renewable Food Resources. *Foods*, vol. 13(18), 3007. <https://doi.org/10.3390/foods13183007>

14. Chinedu, N., & Isangadighi, G. (2026). Circular Bioenergy Production from Heavy-Metal-Contaminated Biomass: An Integrated Biorefinery Optimization Approach. *International Journal of Chemistry and Chemical Processes*, vol. 12, no. 1, pp. 97-116. <https://doi.org/10.56201/ijccp.vol.12.no1.2026.pg97.116>

15. Reform.energy. (2025). *Protiahom 2025 roku kilnist biometanovykh zavodiv maie zrosty maizhe udvichi* [During 2025, the number of biomethane plants should almost double]. Available at: <https://reform.energy/news/protyagom-2025-roku-kilnist-biometanovykh-zavodiv-mae-zrosti-maizhe-udvichi-ikhnya-potuzhnist-vtrichi-glava-bau-23650>

16. Coronado-Contreras, S. A., et al. (2026). Bio-Circular Economy and Digitalization: Pathways for Biomass Valorization and Sustainable Biorefineries. *Biomass*, vol. 6(1):1. <https://doi.org/10.3390/biomass6010001>

17. European Parliament & Council of the EU. (2018). *Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)*. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_039-18#Text