

УДК 338.246.88

А. Й. Клещов,
к. т. н., докторант кафедри смарт-економіки,
Київський національний університет технологій та дизайну;
Національний координатор проєкту,
Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9412-4156>

DOI: 10.32702/2306-6792.2024.19.47

ПЛАНУВАННЯ АГРО-ЕКОІНДУСТРІАЛЬНОГО ПАРКУ

A. Kleshchov,
PhD in Technical Sciences, Doctoral candidate of the Department of Smart Economics,
Kyiv National University of Technology and Design;
National Project Coordinator, United Nations Industrial Development Organisation

PLANNING OF AN AGRO ECO-INDUSTRIAL PARK

У статті розглядаються принципи планування агро-екоіндустріального парку в Україні, що базуються на інтеграції циркулярної економіки та промислової екології. Метою дослідження є аналіз використання відходів агропромислового сектору для виробництва енергії та добрив, а також створення стійкої екосистеми виробництва харчових продуктів. У статті представлено методологію, що включає дослідження процесів компостування, генерації біогазу та інтеграції біотехнологій у виробничі процеси. Дослідження продемонструвало, що використання побічних продуктів агровиробництва, таких як лушпиння та стебла, дозволяє значно знизити екологічне навантаження та підвищити економічну ефективність підприємств. Наукова новизна полягає у розробці концепції та схеми планування агро-екоіндустріального парку із замкнутими ланцюгами постачання, що дозволяє мінімізувати відходи та максимізувати використання ресурсів. Висновки підкреслюють значні переваги впровадження подібних парків в Україні, особливо з огляду на їх потенціал для створення нових робочих місць, зниження залежності від імпорту енергії та забезпечення продовольчої безпеки. Перспективи подальших досліджень включають розробку детальніших моделей циркулярної економіки для агропромислових кластерів та вивчення можливостей міжнародної кооперації у цій сфері.

This study explores the planning and development of an agro eco-industrial park in Ukraine, focusing on the integration of circular economy principles and industrial ecology. The main objective of the study is to analyse the utilisation of agricultural sector waste for energy generation, fertilizer production, and the creation of a sustainable ecosystem for food production. The study presents a methodology that includes the processes of composting, biogas generation, and the integration of biotechnologies into industrial processes. It is shown that the effective use of agricultural by-products, such as husks and stems, can significantly reduce environmental impact while enhancing the economic efficiency of enterprises. The methodology involves the design and modelling of a circular economy-based park, utilizing innovative strategies such as solid-phase fermentation and enzyme extraction to optimise resource use. This model helps address global challenges such as protein shortages and food security by utilizing local resources efficiently. In particular, the concept of circular bioeconomy is highlighted, where agricultural residues are repurposed into high-value products, such as bioactive molecules with health benefits. Results show that integrating renewable energy sources, biogas plants, and composting systems into the agro eco-industrial park allows for the development of closed-loop supply chains, which can significantly reduce waste, lower greenhouse gas emissions, and promote energy independence. This approach not only contributes to sustainable development but also helps reduce the environmental footprint of agricultural production. In addition, the paper highlights international case studies such as the Farmutil consortium in Poland, which successfully applies circular economy elements at the micro level, demonstrating the benefits of clean technologies and waste management practices. Lessons from these international experiences are valuable for Ukraine, particularly in the

context of addressing resource shortages and environmental degradation. The scientific novelty of this research lies in the development of a comprehensive model for the creation of an agro eco-industrial park that operates on the principles of circular economy and industrial symbiosis. This park is designed to efficiently use agricultural by-products and renewable energy sources, ultimately creating a more sustainable and resilient agricultural sector. The paper also discusses the potential for developing biofuel technologies based on agricultural waste, which aligns with global trends in sustainable energy development. The integration of biotechnological methods, such as fermentation and anaerobic digestion, offers an efficient way to generate energy and minimize waste. However, the challenges of implementing these solutions, including technical, economic, and political factors, are addressed in the paper, with recommendations for further research and policy support. In conclusion, the research suggests that the establishment of agro eco-industrial parks in Ukraine can play a crucial role in fostering sustainable agriculture, promoting food security, and reducing dependence on fossil fuels. These parks serve as platforms for innovation in waste processing and renewable energy production, while also creating new employment opportunities and boosting local economies. Future research should focus on the development of more detailed models of circular economy for agro-industrial clusters, as well as exploring opportunities for international cooperation in this field. Additionally, there is significant potential for scaling up these technologies to other sectors of the economy, making them a key strategy for Ukraine's sustainable development.

Ключові слова: агро-екооіндустріальні парки, циркулярна економіка, біогаз, компостування, індустріальний симбіоз.

Key words: agro eco-industrial parks, circular economy, biogas, composting, industrial symbiosis.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ

В умовах глобальних викликів, пов'язаних з продовольчою безпекою, дефіцитом ресурсів та екологічною деградацією, важливим є розвиток нових моделей промислових парків, що базуються на принципах циркулярної економіки та сталого розвитку. Агро-екоіндустріальні парки (АЕІП) є інноваційною відповіддю на ці виклики, оскільки дозволяють не лише підвищити ефективність використання агропромислових ресурсів, але й знизити екологічний вплив на довкілля. В Україні, де агропромисловий сектор є важливою складовою економіки, впровадження таких парків може сприяти підвищенню стійкості економіки та забезпеченню продовольчої безпеки. Дане дослідження зосереджено на аналізі можливостей створення АЕІП в Україні з використанням передових біотехнологій і відновлюваних джерел енергії.

МЕТА СТАТТІ

Метою цієї статті є розробка концепції АЕІП для України на основі принципів циркулярної економіки та промислової екології. Завданням дослідження є аналіз можливостей використання відходів агропромислового сектору для виробництва енергії та добрив, а також оцінка економічної та екологічної ефективності таких рішень.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідження ґрунтується на багатокомпонентному підході, що включає індукційний аналіз літератури.

Планування АЕІП повинно враховувати можливості раціонального використання побічних продуктів харчової промисловості, таких як лушпиння, насіння, стебла та інші залишки [1]. У багатьох країнах ці відходи, через відсутність належного управління, відправляються на звалища, що викликає значні екологічні, соціальні та економічні проблеми. Інтеграція біотехнологічних процесів у виробничі цикли агроіндустріального парку дозволить перетворювати такі побічні продукти в цінні ресурси, які можна використовувати як сировину для нових продуктів. Зокрема, ці продукти містять біоактивні молекули, корисні для здоров'я людини, що сприятиме розвитку сталого біоекономічного циклу. Створення таких парків може стати важливим кроком до зниження викидів парникових газів та забруднення навколишнього середовища, а також створення нових робочих місць та доходів. Інноваційні стратегії, такі як твердофазне бродиння або екстракція ферментів, дозволяють повноцінно використовувати побічні продукти для отримання біомолекул з високою доданою вартістю.

Планування АЕІП в Україні може стати інноваційною відповіддю на виклики, пов'язані з глобальним дефіцитом білків та продовольчою безпекою. Використання відходів агропромислового сектору для видобутку білкових компонентів є важливим кроком до сталого розвитку та економічної вигоди [2]. Ці відходи, зокрема залишки від обробки сільськогосподарської сировини, можуть містити значні кількості цінних білків, які мають функціональні та харчові властивості. Використання таких ресурсів сприятиме створенню циркулярної економіки, зменшить залежність від тваринних білків та знизить екологічне навантаження. Основні проблеми, пов'язані з алергенністю, безпечністю та сенсорними характеристиками рослинних білків, потребують ретельного вивчення для забезпечення високої якості продуктів. Застосування сучасних методів екстракції та модифікації білків дозволить отримати ефективні інгредієнти для харчової промисловості. Така ініціатива сприятиме досягненню Цілей сталого розвитку ООН, зокрема ліквідації голоду та зменшенню соціально-економічних ризиків, пов'язаних із нестабільністю продовольчих ресурсів.

Планування АЕІП повинно ґрунтуватися на принципах промислової екології та екологічної модернізації, що дозволяє ефективно використовувати ресурси агропромислових підприємств. Одним із прикладів є створення кластеру переробки риби та аквакультури у В'єтнамі [3], який мінімізує відходи шляхом інтеграції переробних підприємств і заводів з утилізації побічних продуктів. Такий підхід дозволяє зменшити забруднення, захистити природні ресурси та підвищити конкурентоспроможність сектора. Для України важливо розробити подібну модель, яка б включала підприємства агросектору, біогазові установки та очисні споруди. Основними проблемами є забруднення водних ресурсів, ерозія ґрунтів та нерациональне використання сировини, що може бути вирішено завдяки принципам циркулярної економіки. Розробка екологічно чистих технологій та інтеграція промислових систем у відповідний кластер сприятиме сталому розвитку.

Автори [4] встановили, що планування АЕІП передбачає впровадження принципів циркулярної економіки для створення соціальної цінності. Соціальна цінність у такій моделі проявляється через поліпшення екологічних умов, доступність агропродукції, вплив на громаду та підвищення безпеки праці. Хоча економічні та екологічні аспекти впровадження

принципів циркулярної економіки у агроіндустріальні парки вже активно досліджуються, соціальна цінність залишається менш вивченою. Впровадження принципів циркулярної економіки може сприяти створенню безвідходних виробничих систем, підвищенню ефективності використання ресурсів та зменшенню забруднення. Важливим аспектом є співпраця різних учасників агропромислової системи, таких як фермери, агробізнеси та місцеві громади. Врахування інституційних та зовнішніх стимулів допоможе розробити стратегії сталого розвитку для агроіндустріальних парків в Україні.

При плануванні АЕІП в Україні доцільно використати досвід з моделі Farmutil [5], польського консорціуму, що застосовує елементи циркулярної економіки. Успішне впровадження циркулярної економіки на мікрорівні, як це зроблено у Farmutil, передбачає інтеграцію чистих технологій та управління потоками матеріалів і енергії. Такий підхід дозволяє мінімізувати утворення відходів, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити екологічно чисте виробництво. У контексті України, застосування таких моделей у агроіндустріальних парках сприяє розвитку сталого сільського господарства та забезпеченню харчової безпеки. Впровадження сучасних технологій переробки відходів і використання відновлюваних джерел енергії може стимулювати розвиток агроіндустріальних парків. Крім цього, організаційні моделі, подібні до Farmutil, здатні створювати синергію між різними секторами агропромислового комплексу, сприяючи сталому розвитку регіонів.

Планування АЕІП в Україні має враховувати сучасні виклики, пов'язані з війною, дефіцитом ресурсів та деградацією довкілля. Автори дослідження [6] встановили, що інтеграція принципів циркулярної економіки у моделі відновлення поживних речовин на фермах може значно підвищити стійкість та екологічність сільськогосподарських практик. Зокрема, технології, такі як штучні водно-болотні угіддя та системи на основі водоростей, здатні зменшити негативний вплив на довкілля, підвищуючи ефективність використання поживних речовин. Впровадження цих рішень дозволить оптимізувати використання ресурсів, скоротити викиди парникових газів та сприяти глобальним цілям сталого розвитку. У контексті агроіндустріальних парків України, такі технології можуть бути використані для закриття ресурсних циклів, що забезпечить стаке сільське господарство. Крім того, екологічні інновації допоможуть зменшити за-

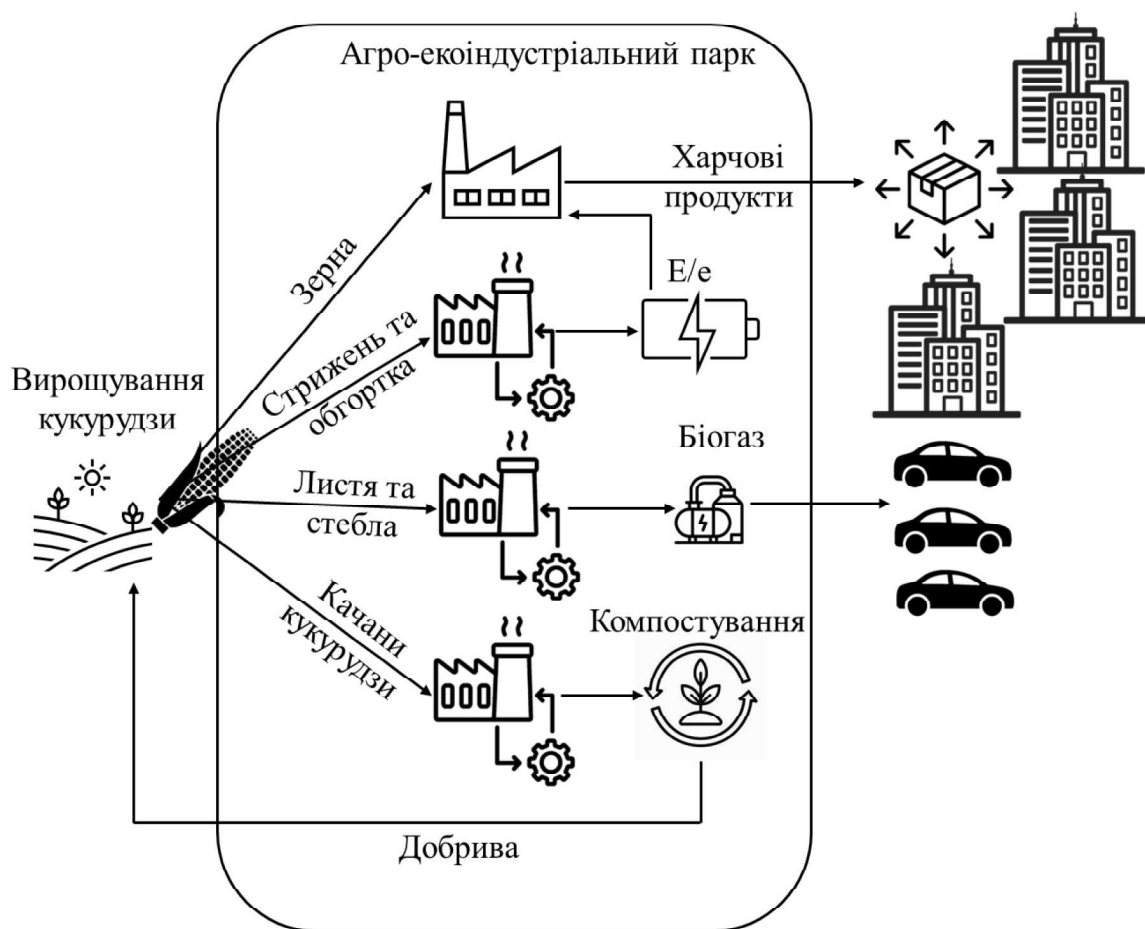


Рис. 1. Концепція агро-екоіндустріального парку із якірним виробництвом харчових продуктів на основі зерен кукурудзи

Джерело: скомпоновано автором.

лежність від невідновлюваних ресурсів, сприяючи продовольчій безпеці країни.

Планування АЕІП може суттєво сприяти впровадженню біопаливних технологій на основі агровідходів [7], що відповідає глобальним тенденціям сталого розвитку енергетики. Агровідходи, багаті органічними сполуками, стають цінним ресурсом для виробництва біопалива, такого як біоетанол та біодизель, що зменшує залежність від викопних видів палива. Інтеграція біотехнологічних методів, зокрема ферментації та анаеробного зброджування, дозволяє ефективно використовувати ці відходи для генерації енергії. Однак, існують виклики, пов'язані з технічними, економічними та політичними факторами, які потребують комплексного дослідження та співпраці між науковими дисциплінами. Для успішного впровадження таких рішень необхідна підтримка державної політики та стимулювання інновацій у галузі управління відходами. Таким чином, АЕІП можуть стати ключовими платформами для розробки та впровадження біопаливних технологій в Україні.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Враховуючи результати проаналізованих досліджень, створено концепцію АЕІП із якірним виробництвом харчових продуктів на основі зерен кукурудзи.

Результати дослідження показали, що створення АЕІП за принципами циркулярної економіки дозволяє досягти значних економічних та екологічних переваг. Зокрема, використання побічних продуктів агропромислового виробництва, таких як лущиння, стебла та інші органічні відходи, дозволяє суттєво знизити витрати на сировину та енергоресурси, одночасно зменшуючи обсяги відходів і негативний вплив на довкілля. У моделі АЕІП пропонується впровадження систем генерації біогазу та компостування, що дозволяє створювати замкнуті цикли переробки ресурсів. Біогазові установки використовують органічні відходи для виробництва енергії, яка може забезпечувати енергетичні потреби самого парку, знижуючи залежність від традиційних енергоресурсів.

Склад побічних продуктів кукурудзи	Лінія сепарації та підготовки побічних продуктів кукурудзи	Виробництво добрив		Сонячна генерація
Генерація біогазу		Якірне виробництво харчової промисловості	Пакувальне виробництво	
Спалювальний завод	Склади	Лабораторії		Соціальна інфраструктура для працівників
		Логістичний хаб		

Рис. 2. Схема планування агро-екоіндустріального парку із якірним виробництвом харчових продуктів на основі зерен кукурудзи

Джерело: скомпоновано автором.

На основі запропонованої концепції АЕІП та враховуючи рекомендації Міжнародних рамоквих положень для ЕІП [8], запропоновано схему планування АЕІП із якірним виробництвом харчових продуктів на основі зерен кукурудзи, Рисунок 2.

За умови правильної організації логістики та ефективного управління побічними продуктами, АЕІП може стати економічно стійким і конкурентоспроможним. Важливою частиною є інтеграція біотехнологій, таких як твердофазне бродіння і екстракція ферментів, що дозволяють отримувати продукти з високою доданою вартістю, такі як біоактивні молекули для харчової промисловості. Це не лише підвищує економічний потенціал парку, але й сприяє розвитку біоекономіки, що є важливою складовою стратегії сталого розвитку. Отже, АЕІП мають значний потенціал для підвищення стійкості та конкурентоспроможності агропромислового сектору України. Створення таких парків дозволить не лише покращити економічні показники підприємств, але й забезпечити екологічну стійкість регіонів, сприяючи водночас вирішенню соціальних та економічних проблем.

ВИСНОВКИ

Наукова новизна даного дослідження полягає у розробці концепції та схеми планування АЕІП, яка базується на принципах циркулярної економіки і промислової екології. Впровадження цієї моделі дозволяє створити замкнуті ланцюги постачання, що забезпечують ефективне використання ресурсів, зменшення обсягів відходів та підвищення економічної ефективності підприємств. Теоретичне значення дослідження полягає у розробці нових підходів до управління побічними продуктами агропромисловості та їх використання для виробництва енергії, добрив і інших високоякісних продуктів. Практичне значення дослідження полягає у можливості впровадження розробленої моделі в українській агропромисловій сфері

для підвищення стійкості та конкурентоспроможності національної економіки. Соціально-економічний ефект від впровадження наукових результатів включає створення нових робочих місць, покращення екологічних умов у регіонах та підвищення продовольчої безпеки. Окрім цього, розбудова АЕІП сприятиме зниженню залежності України від імпорту енергії та сировини, що є важливим в умовах сучасних воєнних, економічних і політичних викликів.

Література:

1. Gomez-Garcia, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R. and Pintado, M. (2021), "Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives", *Journal of Environmental Management*, Vol. 299, 113571.

2. Hadidi, M., Aghababaei, F., Gonzalez-Serrano, D. J., Goksen, G., Trif, M., McClements, D. J. and Moreno, A. (2024), "Plant-based proteins from agro-industrial waste and by-products: Towards a more circular economy", *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 261, 129576.

3. Anh, P. T., My Dieu, T. T., Mol, A. P. J., Kroeze, C. and Bush, S. R. (2011), "Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 19, pp. 2107—2118.

4. Atanasovska, I., Choudhary, S., Koh, L., Ketikidis, P. H. and Solomon, A. (2022), "Research gaps and future directions on social value stemming from circular economy practices in agri-food industrial parks: Insights from a systematic literature review", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 354, 131753.

5. Kowalski, Z. & Makara, A. (2021), "The circular economy model used in the polish agro-food consortium: A case study", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 284, 124751.

6. Praveen, K., Abinandan, S., Venkateswarlu, K. and Megharaj, M. (2024) "Synergy of eco-innovation with on-farm practices enhances circularity beyond conventional nutrient recovery framework", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 208, 107735.

7. Rame, R., Purwanto, P. and Sudarno, S. (2023) "Biotechnological approaches in utilizing agro-waste for biofuel production: An extensive review on techniques and challenges", Bioresource Technology Reports, Vol. 24, 101662.

8. Tas, N., et al. (2021), "An international framework for eco-industrial parks (2nd ed.)", Publications of the Global Eco-Industrial Parks Programme. Washington, DC: The World Bank Group, available at: <https://geipp-ukraine.org/wp-content/uploads/2021/08/EIP-International-Framework-for-EIP-Version-2.0-1.pdf> (Accessed: 23 September 2024).

References:

1. Gomez-Garcia, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R. and Pintado, M. (2021), "Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives", Journal of Environmental Management, Vol. 299, 113571.

2. Hadidi, M., Aghababaei, F., Gonzalez-Serrano, D. J., Goksen, G., Trif, M., McClements, D. J. and Moreno, A. (2024), "Plant-based proteins from agro-industrial waste and by-products: Towards a more circular economy", International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 261, 129576.

3. Anh, P. T., My Dieu, T. T., Mol, A. P. J., Kroeze, C. and Bush, S. R. (2011), "Towards eco-agro industrial clusters in aquatic production: the case of shrimp processing industry in Vietnam", Journal of Cleaner Production, Vol. 19, pp. 2107—2118.

4. Atanasovska, I., Choudhary, S., Koh, L., Ketikidis, P. H. and Solomon, A. (2022), "Research gaps and future directions on social value stemming from circular economy practices in agri-food industrial parks: Insights from a systematic literature review", Journal of Cleaner Production, Vol. 354, 131753.

5. Kowalski, Z. & Makara, A. (2021), "The circular economy model used in the polish agro-food consortium: A case study", Journal of Cleaner Production, Vol. 284, 124751.

6. Praveen, K., Abinandan, S., Venkateswarlu, K. and Megharaj, M. (2024) "Synergy of eco-innovation with on-farm practices enhances circularity beyond conventional nutrient recovery

framework", Resources, Conservation and Recycling, Vol. 208, 107735.

7. Rame, R., Purwanto, P. and Sudarno, S. (2023) "Biotechnological approaches in utilizing agro-waste for biofuel production: An extensive review on techniques and challenges", Bioresource Technology Reports, Vol. 24, 101662.

8. Tas, N., et al. (2021), "An international framework for eco-industrial parks (2nd ed.)", Publications of the Global Eco-Industrial Parks Programme. Washington, DC: The World Bank Group, available at: <https://geipp-ukraine.org/wp-content/uploads/2021/08/EIP-International-Framework-for-EIP-Version-2.0-1.pdf> (Accessed: 23 September 2024).

Стаття надійшла до редакції 23.09.2024 р.



Журнал включено до переліку наукових фахових видань України (Категорія «Б») з

ЕКОНОМІЧНИХ НАУК та ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ

(Наказ Міністерства освіти і науки України
№ 886 від 02.07.2020)

Спеціальності - 051, 071, 072, 073, 075, 076, 281, 292