

DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.331>

JEL classification: O13, Q20, Q21, Q41, Q42

UDC: 631.1:502

Олена БОРИСЯК

доктор економічних наук,

заступник директора навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури,

Західноукраїнський національний університет, Україна

E-mail: o.borysiak@wunu.edu.ua

ORCID iD: 0000-0003-4818-8068

СКЛАДОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНИХ ІННОВАЦІЙ В УПРАВЛІННЯ АГРАРНИМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯМ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ЕКОЛОГО- ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

АНОТАЦІЯ

Одним із імперативів адаптації економіки до зміни клімату є залучення аграрного сектору для вирішення проблем переходу до вуглецево-нейтрального майбутнього. Це обумовлює застосування інноваційного підходу до адаптаційного планування бізнес-процесів аграрних підприємств. З огляду на це, стаття присвячена узагальненню закономірностей переходу до кліматично-нейтрального управління аграрним природокористуванням, ролі агроенергетичних кластерів у стратегічному розвитку регіонів на засадах смарт-спеціалізації та визначенню складових формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки.

Серед пріоритетних вуглецево-нейтральних напрямів в аграрному природокористуванні виокремлено розробку і впровадження технологій вирощування енергетичних рослинних ресурсів, які здійснюють секвестрацію вуглецю і, водночас, є продуцентами кисню, а також біомасою для виробництва вуглецево-нейтральної продукції, зокрема біопалива. На цьому шляху формування агроенергетичних кластерів розглядається як спосіб розвитку смарт-спеціалізації у регіонах, що безпосередньо передбачає посилення стратегічного позиціонування регіону за рахунок розвитку найбільш сприятливих галузей економіки. У статті представлено характеристику рівнів впливу на створення агроенергетичних кластерів.

Серед складових формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки визначено такі, як: застосування системно-синергетичного підходу до управління аграрним природокористуванням для забезпечення реалізації засад циркулярного використання ресурсів; реалізація принципів кліматичної нейтральності та ресурсоощадливості; кліматичний менеджмент як спосіб впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрному природокористуванні; інтеграція технології Індустрії 5.0 для оптимізації системи управління аграрним природокористуванням на засадах кліматичної нейтральності; розбудова біоенергетичного ринку; ідентифікація індикаторів ефективності впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки.

© Олена Борисяк, 2025

Отримано: 08.04.2025 р.

Рекомендовано до друку: 12.05.2025 р.

Опубліковано: 28.05.2025 р.



Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0, яка дозволяє необмежене повторне використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії, за умови правильного цитування оригінальної роботи.

Як цитувати:

Борисяк О. Складові впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 331-340. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.331>

Декарбонізація у різних сферах реалізовується через впровадження кліматично-нейтральних інновацій. Невід'ємною складовою у цьому процесі є впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрне природокористування для зміцнення національної еколого-енергетичної безпеки. Зважаючи на це, перспективи подальших досліджень полягають в оцінці напрямів функціонування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрне природокористування.

Ключові слова: кліматично-нейтральні інновації; управління аграрним природокористуванням; енергетичні рослинні ресурси; еколого-енергетична безпека; смарт-спеціалізація; інноваційний розвиток регіонів; “зелені” інвестиції; біоенергетичний ринок; низьковуглецева економіка; Індустрія 5.0; агроенергетичні кластери; бізнес-процеси; кліматичний менеджмент; аграрні підприємства.

Статтю підготовлено у межах реалізації проекту з виконання наукового дослідження і розробки 2021.01/0416 «Впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням в контексті еколого-енергетичної безпеки України» за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

Вступ

Попередження зміни клімату, а також розробка заходів з адаптації і пом'якшення зміни клімату є наскрізними питаннями у плануванні інноваційної діяльності аграрних підприємств. Вирішення цих питань має комплексний характер і полягає у консолідації зусиль як на локальному, національному, так і на глобальному рівнях. У цьому контексті, змін зазнає система управління аграрним природокористуванням через необхідність впровадження кліматично-нейтральних рішень у бізнес-процеси.

У контексті зміцнення національної еколого-енергетичної безпеки особливе значення має розробка і впровадження технологій вирощування енергетичних рослинних ресурсів, які здійснюють секвестрацію вуглецю і, водночас, є продуцентами кисню, а також біомасою для виробництва вуглецево-нейтральної продукції, зокрема біопалива. Зважаючи на це, пріоритетне значення має посилення міжгалузевої взаємодії шляхом створення агроенергетичних кластерів як складової смарт-спеціалізації регіонів для диверсифікації і циркулярного використання відновлювальних джерел енергії за рахунок розвитку партнерства між сільськогосподарськими підприємствами та енергетичними підприємствами, що використовують відновлювальні джерела для виробництва енергії.

Огляд літератури

Науковці [1] звертають увагу на взаємозв'язок між розширенням органічних сільськогосподарських угідь та викидами парникових газів у Європі. Зокрема, «було виявлено, що зі збільшенням площі органічних сільськогосподарських угідь на 1% у ЄС-27 викиди парникових газів зростуть на 0,00000025 тис. тонн. Розрахунки показали, що за інших рівних умов на викиди парникових газів впливає розширення органічних сільськогосподарських угідь на 62,4%» [1]. На цьому шляху невід'ємною складовою забезпечення переходу до кліматичної нейтральності мають дослідження Душечкіна Н. [2], Мороз В. [2-3], Яніцький В. [2], Присяжнюк О. [4], Маляренко О. [4], Лаздінш А. (Lazdiņš A.) [4], Мусіч В. [4], Гончарук О. [4] щодо секвестрації вуглецю як аграрними культурами, так і лісовими насадженнями.

Для забезпечення екологічного управління, збалансованого і раціонального природокористування, використання біомаси розглядається як джерело для отримання «зеленої» теплової та електричної енергії, а також біопалива [5-6]. На цьому шляху особливе значення має посилення взаємодії між аграрними та енергетичними підприємствами на засадах смарт-спеціалізації і функціонування кластерів [7-8].

Проведений огляд наукового доробку свідчить про важливість впровадження кліматично-нейтральних рішень в управління аграрним природокористуванням, розвитку

біоенергетики, утвердження смарт-спеціалізації як способу інноваційного розвитку регіонів. Водночас, в умовах воєнного стану в Україні, коли обмежений доступ до природних енергетичних ресурсів, зростає роль кардинальної зміни форм та джерел використання біомаси. Зважаючи на це, актуальним питанням є забезпечення енергетичними рослинними ресурсами як способу впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрних природокористування для зміцнення еколого-енергетичної безпеки.

Мета та завдання статті

Метою статті є узагальнення закономірностей переходу до кліматично-нейтрального управління аграрним природокористування, ролі агроенергетичних кластерів у стратегічному розвитку регіонів на засадах смарт-спеціалізації та визначення складових формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки. Для досягнення завдань використано такі методи: індукції та дедукції для ідентифікації закономірностей переходу до кліматично-нейтрального управління аграрним природокористування; компаративний метод для представлення характеристики рівнів впливу на створення агроенергетичних кластерів; абстрагування та діалектичного пізнання для виокремлення складових формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористування для зміцнення еколого-енергетичної безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження

У розрізі досягнення глобальної цілі щодо переходу до кліматичної нейтральності перед Україною стоїть завдання відповідно до Паризької кліматичної угоди щодо обліку та зменшення викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище. Водночас, “для забезпечення екологічної та енергетичної національної безпеки на засадах кліматично-нейтрального розвитку необхідна адаптаційна оптимізація управління природними

аграрними (біо-) ресурсами. Зважаючи на це, виробництво і перехід до вторинної переробки агробіоресурсів є як способом нейтралізації негативного впливу на клімат (вирощення фотосинтезуючих рослин), так й альтернативним джерелом отримання енергії. Серед відновлюваних джерел енергії виділяється біомаса, зокрема енергетичні культури, які є поглиначами вуглекислого газу, продуцентами кисню і сировиною для виробництва біопалива” [9].

Особливе значення має впровадження кліматично-нейтральних інновацій, зокрема “системи кліматично-нейтрального управління регіональним аграрним природокористуванням, що передбачає визначення енергетичного потенціалу різних категорій фітоценозів (лісові насадження, агрофітоценози енергетичних культурних рослин, швидкоростучі дерева, міскантус, коноплі технічні, буряки цукрові та ін.), порівняння їх енергоефективності. Важливою характеристикою даних культур є їх безвідходність та можливість використовувати у багатьох галузях промисловості” [9].

Водночас, кліматично-економічним викликом для забезпечення стійкого розвитку аграрної сфери за рахунок “закладання енергоплантацій (енергетична тополя, енергетична верба, павлонія, свічграс, міскантус, евкаліпт, коноплі, очерет, тростина та ін.) є визначення індивідуальних гідрометрологічних характеристик енергетичних культур за показником багаторічності (уникнення щорічного розорення земель сприяє збереження вологості ґрунту), показником строку отримання врожаю, а також показником вологостійкості. Як наслідок, компромісним управлінським рішенням може стати застосування міжгалузевого підходу до створення кліматичних агроенергетичних кластерів за участі аграрних, біопереробних та енергетичних підприємств у ланцюзі виробництва «зеленої» енергії, що дозволить оптимізувати планування закладання плантацій енергокультур за рахунок адаптації до кліматичних факторів (сезонний обсяг і періодичність опадів, зміна температурних режимів та ін.) у різних регіонах України” [9].

Окрім того, забезпечення інноваційного розвитку аграрного природокористування у регіонах на засадах кліматичної нейтральності вимагає врахування засад смарт-спеціалізації. На цьому шляху формування агроенергетичних кластерів розглядаємо як спосіб розвитку смарт-спеціалізації у регіонах, яка безпосередньо передбачає посилення стратегічного позиціонування регіону за рахунок розвитку найбільш сприятливих

галузей економіки. «Смарт-спеціалізація виступає важливим інструментом для формування стійкої співпраці між органами влади різних рівнів та зацікавленими сторонами, зокрема підприємцями, університетами, науково-дослідними установами та громадянським суспільством» [10]. У табл. 1 представлено характеристики рівнів впливу на створення агроенергетичних кластерів.

Таблиця 1. Рівні впливу на створення агроенергетичних кластерів

Рівень впливу	Характеристика
глобальний	реалізація глобальної стратегічної цілі переходу до кліматичної нейтральності, розбудова ринку вуглецево-нейтральних товарів, мінімізація вуглецевого сліду у ланцюзі формування кінцевої вартості товару.
національний	забезпечення інноваційного розвитку національної економіки, розвиток біоенергетики, диверсифікація відновлювальних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки, перехід до низьковуглецевої економіки, посилення конкурентоспроможності України на міжнародному ринку за рахунок виробництва вуглецево-нейтральної продукції
регіональний	забезпечення інноваційного розвитку регіонів, реалізація підприємницького потенціалу в регіонах за рахунок розвитку біоекономічних галузей, підвищення рівня зайнятості населення, утвердження позиціонування регіонів як вуглецево-нейтральних регіонів, залучення міжнародних «зелених» інвестицій
локальний	Сприяння розвитку малого і середнього підприємництва у сфері біоенергетики, посилення конкурентоспроможності учасників агрокластеру на ринку, планування стратегічного розвитку підприємств-учасників кластеру на засадах бечмаркінгу, формування сприятливого бізнес-середовища для впровадження зелених інновацій, формування сприятливого інвестиційного середовища на ESG-принципах.

Джерело: авторська розробка.

У контексті розвитку «зеленої» енергетики для забезпечення виробництва біопалива важлива роль належить налагодженню територіальної співпраці з підприємствами-постачальниками сировини (біомаси) шляхом створення регіональних кластерів підприємств з виробництва «зеленої» енергії. До безпосередньої необхідності удосконалення механізму взаємодії аграрних підприємств між підприємствами з виробництва «зеленої» енергії для оптимізації ланцюга постачання біомаси спонукають такі інноваційні трансформації у стратегічному розвитку аграрних підприємств: стрімка інтенсифікація оцифрування виробничих процесів на засадах автоматизації (робототехніки); використання

інновацій у селекції рослинництва і тваринництва, сівозмін на засадах максимізації обсягів продукції.

Для формування сприятливого середовища щодо впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням на регіональному рівні у межах реалізації проекту з виконання наукового дослідження і розробки 2021.01/0416 «Впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням в контексті еколого-енергетичної безпеки України» за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України було ініційовано у 2024 р. створення Західноукраїнського

агроенергетичного кластеру у Тернопільській області. Діяльність кластеру передбачає співпрацю науковців, представників аграрних та енергетичних підприємств з територіальними громадами і місцевими органами виконавчої влади. Перевагами приєднання до агроенергетичного кластеру є формування сприятливого бізнес-середовища у регіоні для виробництва і збуту енергетичних культур. Для цього діяльність кластеру зорієнтована на організаційно-технічний супровід співпраці між учасниками кластеру, що включає ділові зустрічі, консультування, обговорення бізнес-ініціатив, проведення семінарів, круглих столів, організація навчання персоналу.

На рис. 1 представлено складові формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки, що слугує кліматично-нейтральною моделлю регіонального управління рослинними біоресурсами (аграрною сировиною) на засадах замкненого циклу взаємодії аграрних підприємств і виробників «зеленої» енергії. Зокрема, виділяємо такі складові механізму:

- застосування системно-синергетичного підходу до управління аграрним природокористуванням для забезпечення реалізації засад циркулярного використання ресурсів;
- реалізація принципів кліматичної нейтральності та ресурсоощадливості;
- оцінка кліматичних ризиків в аграрному природокористуванні;
- інтеграція засад смарт-спеціалізації в управління аграрним природокористуванням для формування інноваційної платформи міжгалузевої взаємодії шляхом створення агроенергетичних кластерів;
- реалізація кліматичного менеджменту як способу впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрному природокористуванні;
- інтеграція технологій Індустрії 5.0 для оптимізації системи управління аграрних

природокористуванням на засадах кліматичної нейтральності;

- розробка кліматичного плану дій з адаптаційного управління аграрним природокористуванням;
- розбудова біоенергетичного ринку;
- ідентифікація індикаторів ефективності впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки.

Впровадження кліматично-нейтральних інновацій пропонується здійснювати через стратегічне адаптаційне планування та моделювання системи кліматично-нейтрального управління регіональним аграрним природокористуванням, що повинно оптимізувати заходи “зеленої” сільськогосподарської політики в контексті національної еколого-енергетичної безпеки. Це включає поєднання системного та синергетичного підходів, що полягає в можливості розробки єдиної системи моделей у межах міжсекторальної співпраці, які спрямовані на оптимізацію розвитку «зеленого» сільського господарства та енергетики шляхом оптимізації процесів виробництва, постачання і споживання рослинних біоресурсів (агросировини), переходу до засад циркулярної економіки, підвищенню екологічної безпеки населення.

Забезпечення взаємозв'язку між аграрними підприємствами і підприємствами з виробництва «зеленої» енергії полягає в розбудові оптимізаційного ланцюга постачання біомаси і врахування факторів, що впливають на формування такого ланцюга. У цьому контексті, «у ланцюгу постачання «зеленої» енергії біоенергетичний ринок розглядається як система державних, приватних і суспільних інститутів (організацій та заснувань) і технічних засобів, що обслуговують інтереси суб'єктів виробництва біопалива, забезпечують їхню ефективну взаємодію (брокерські фірми, біржі, інвестиційні компанії, банки, лізингові компанії, центри зайнятості тощо)» [11, с. 14].

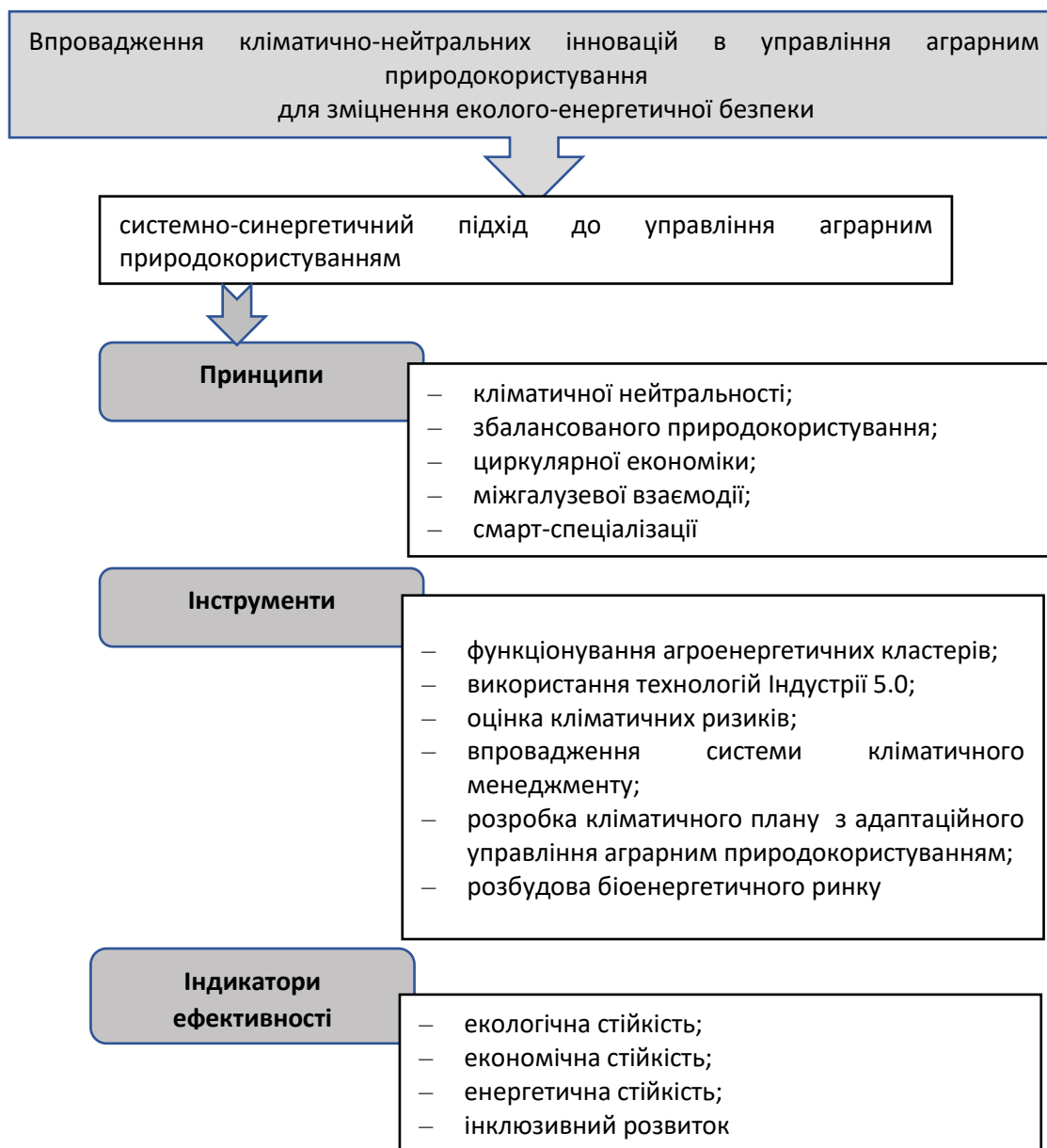


Рис. 1. Складові формування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки

Джерело: авторська розробка

З огляду на це, компонентами механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням є такі структурні елементи (функціонали) регіональної кліматично-нейтральної моделі функціонування агропромислового сектору економіки, що відповідають окремим напрямкам Європейського зеленого курсу: зміна клімату; енергетика; промислова стратегія для циркулярної економіки; стала та

розумна мобільність; збереження біорізноманіття; нульове забруднення; зелена сільськогосподарська політика.

Реалізація механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрне природокористування передбачає розробку стратегічного адаптаційного планування системи кліматично-нейтрального управління регіональним агропромисловим комплексом та впровадження інноваційних технологій в аграрне природокористування. З огляду на це,

розробка і впровадження регіональної «дорожньої» карти з реалізації Європейської стратегії адаптації до кліматичних змін буде направлено на забезпечення принципів замкненого циклу економіки і раціональне аграрне природокористування з відповідним компенсаторним ефектом негативного впливу на зміни клімату. Це також мінімізує загрози для: сільського господарства – насамперед, зниження продуктивності агровиробництва; біорізноманіття – зокрема втрати стійкості екосистем; населення – шляхом покращення якості життя людей.

Висновки та перспективи подальших розвідок

Зважаючи на сприятливе природно-кліматичне територіальне розташування України для розвитку сільського господарства, одним із імперативів кліматичної адаптації економіки України є залучення аграрного сектору для вирішення проблем переходу до вуглецево-нейтрального майбутнього. З огляду на це, актуальним є впровадження кліматично-нейтральних інновацій для забезпечення принципів замкненого циклу економіки в аграрне природокористування, зокрема розробка і впровадження технологій вирощування енергетичних відновлюваних рослинних ресурсів.

Реалізація ресурсоощадливої і кліматично-нейтральної цілей в управлінні аграрним

природокористуванням обумовлює необхідність розбудови міжгалузевої кластеризації підприємств у ланцюзі виробництва «зеленої» енергії. Зокрема, ключову роль має формування механізму впровадження кліматично-нейтральних технологій в аграрне природокористування, що базується на таких його складових як циркулярне використання енергетичних ресурсів, міжгалузева кластерна взаємодія підприємств, розвиток та інтеграція технологій Індустрії 5.0. На цьому шляху формування агроенергетичних кластерів розглядається як спосіб розвитку смарт-спеціалізації у регіонах, яка безпосередньо передбачає посилення стратегічного позиціонування регіону за рахунок розвитку найбільш сприятливих галузей економіки. Зважаючи на це, перспективи подальших досліджень полягають в оцінці напрямів функціонування механізму впровадження кліматично-нейтральних інновацій в аграрне природокористування.

Подяка

Статтю підготовлено у межах реалізації проєкту з виконання наукового дослідження і розробки 2021.01/0416 «Впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням в контексті еколого-енергетичної безпеки України» за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kozlovskiy S., Zayukov I., Kozlovskiy V., Tregubov O., Storchak S., Mishchenko V., Lavrov R. Relationship Between Organic Farmland Expansion and Greenhouse Gas Emissions in Europe: Implications for the Implementation of the Sustainable Development Goals. *Problemy Ekorozwoju*. 2025, Vol. 20(1). P. 159-173. DOI: <https://doi.org/10.35784/preko.6337>
2. Dushechkina N., Moroz, V., Yanitskys, V. Environmental consequences of climate change: global challenges and regional responses. *Biota. Human. Technology*, 2024. Vol. 2. P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.24.6>
3. Мороз В. Кліматостабілізувальне значення захисних лісових насаджень лінійного типу Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 80-89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305659>
4. Присяжнюк О. І., Маляренко О. А., Lazdiņš A., Мусіч В. В., Гончарук О. М. Математичні моделі прогнозування врожайності біоенергетичних культур. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12. No 3. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.12.3.2024.3174>

5. Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering Environmental Technology*. 2021. Vol. 3. P. 59–70. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/135447>
6. Mäki E., Kannari L., Hannula I., Shemeikka J. Decarbonisation of a district heating system with a combination of solar heat and bioenergy: A techno-economic case study in the Northern European context. *Renewable Energy*. 2021. Vol. 175. P. 1174-1199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.116>
7. Lankauskiene R., Simonaityte V., Gedminait Raudone Ž., Johnson J. Addressing the European Green Deal with Smart Specialization Strategies in the Baltic Sea Region. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. 11912. URL: <https://doi.org/10.3390/su141911912>
8. Lupova-Henry E., Dotti N. F. Clusters as collective actors and agents of change for (new) sustainable path development. *Clusters and sustainable regional development : A Meta-Organisational Approach/* edited by Lupova- Henry E., Dotti N. F. 2022.
9. Борисяк О. В. Управлінський механізм розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку : дис. ... докт. екон. наук : 08.00.04. ЗУНУ : Тернопіль, 2023. 509 с.
10. Лола Ю. Ю., Михайленко Д. Г., Болотна О. В., Дячек В. В. Розвиток підприємництва через smart-спеціалізацію громад: досвід ЄС. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету: Економічні науки*. 2024. № 80. С. 91-99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-80-11>
11. Стан біоенергетичного ринку у 9-ти областях України (Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька). Аналітичне дослідження (за підтримки EU4Business у рамках ініціативи EU4Business). Підготовлено Володимир Воробей та Назарій Гудз. Львів, листопад 2017 р. 39 с.

REFERENCES

1. Kozlovskiy, S., Zayukov, I., Kozlovskiy, V., Tregubov, O., Storchak, S., Mishchenko, V., Lavrov, R. (2025). Relationship Between Organic Farmland Expansion and Greenhouse Gas Emissions in Europe: Implications for the Implementation of the Sustainable Development Goals. *Problemy Ekorozwoju*. Vol. 20(1). P. 159-173. DOI: <https://doi.org/10.35784/preko.6337> [in English].
2. Dushechkina, N., Moroz, V., Yanitskys, V. (2024). Environmental consequences of climate change: global challenges and regional responses. *Biota. Human. Technology*. Vol. 2. P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.24.6> [in English].
3. Moroz V. (2024). Climate-stabilizing value of protective forest plantations of linear type in Zhytomyr Polissya. *Agroecological Journal*. No. 2. P. 80-89. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305659> [in Ukrainian].
4. Prysazhnyuk, O. I., Malyarenko, O. A., Lazdiņš, A., Musich, V. V., Goncharuk, O. M. (2024). Mathematical models for predicting the yield of bioenergy crops. *Advanced Agritechnologies*. Vol. 12. No. 3. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.12.3.2024.3174> 22 [in Ukrainian].

5. Kaletnik, G., Pryshliak, N., Tokarchuk, D. (2021). Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering Environmental Technology*. Vol. 3. P. 59–70. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/135447> [in English].
6. Mäki, E., Kannari, L., Hannula, I., Shemeikka, J. (2021). Decarbonisation of a district heating system with a combination of solar heat and bioenergy: A techno-economic case study in the Northern European context. *Renewable Energy*. Vol. 175. P. 1174-1199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.116> [in English].
7. Lankauskiene, R., Šimonaityte, V., Gedminait Raudone, Ž., Johnson, J. (2022). Addressing the European Green Deal with Smart Specialization Strategies in the Baltic Sea Region. *Sustainability*. Vol. 14. 11912. URL: <https://doi.org/10.3390/su141911912> [in English].
8. Lupova-Henry E., Dotti N. F. Clusters as collective actors and agents of change for (new) sustainable path development. *Clusters and sustainable regional development : A Meta-Organisational Approach/* edited by Lupova- Henry E., Dotti N. F. 2022 [in English].
9. Borysiak O. V. (2023). Management mechanism for developing climate policy in the energy market : dis. ... doct. econ. sciences : 08.00.04. WUNU: Ternopil, 509 p. [in Ukrainian].
10. Lola, Y. Y., Mykhailenko, D. G., Bolotna, O. V., Dyachek, V. V. (2024). Development of entrepreneurship through smart specialization of communities: EU experience. *Bulletin of the Lviv University of Trade and Economics: Economic Sciences*. No. 80. P. 91-99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1205-2024-80-11> [in Ukrainian].
11. The state of the bioenergy market in 9 regions of Ukraine (Volyn, Zhytomyr, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Lviv, Rivne, Ternopil, Khmelnytskyi, Chernivtsi). Analytical study (with the support of EU4Business under the EU4Business initiative). Prepared by Volodymyr Vorobey and Nazariy Gudz. Lviv, November 2017. 39 p. [in Ukrainian].

Olena Borysiak, Doctor of Economic Sciences, Deputy Director of Educational and Research Institute of Innovation, Nature Management and Infrastructure, West Ukrainian National University, Ukraine

Components of introducing climate-neutral innovations into agricultural nature management for strengthening environmental and energy security

Abstract

One of the imperatives of economic adaptation to climate change is to involve the agricultural sector in addressing the challenges of transition to a carbon-neutral future. This necessitates the application of an innovative approach to adaptation planning of business processes of agricultural enterprises. Given this, the article is devoted to generalising the features of the transition to climate-neutral management of agricultural natural resources, the role of agro-energy clusters in the strategic development of regions on the basis of smart specialisation, and identifying the components of the mechanism for introducing climate-neutral innovations into agricultural nature management for strengthening environmental and energy security.

Among the priority carbon-neutral areas in agricultural nature management, the development and introduction of technologies for growing energy crops that sequester carbon and, at the same time, produce oxygen and biomass for the production of carbon-neutral products, including biofuels, is highlighted. In this context, the formation of agro-energy clusters is seen as a way to develop smart specialisation in the regions, which directly involves strengthening the strategic positioning of the region through the development of the most favourable sectors of the economy. The article describes the levels of influence on the creation of agro-energy clusters.

Among the components of the mechanism for implementing climate-neutral innovations in agricultural nature management to strengthen environmental and energy security are the following: application of a system-synergistic approach to agricultural nature management to ensure the implementation of the principles of circular resource use;

realisation of the principles of climate neutrality and resource efficiency; climate management as a way to introduce climate-neutral innovations in agricultural nature management; integration of Industry 5.0 technology to optimise the agricultural nature management system on the basis of climate neutrality; development of the bioenergy market; identification of indicators of the effectiveness of implementing climate-neutral innovations in agricultural nature management to strengthen environmental and energy security.

Decarbonisation in various areas is achieved through the introduction of climate-neutral innovations. An integral part of this process is the introduction of climate-neutral innovations in agricultural nature management to strengthen national environmental and energy security. In view of this, the prospects for further research are to assess the directions of functioning of the mechanism for introducing climate-neutral innovations in agricultural nature management.

Keywords: climate-neutral innovations, agricultural nature management, energy plant resources, environmental and energy security, smart specialisation, innovative regional development, green investments, bioenergy market, low-carbon economy, Industry 5.0, agro-energy clusters, business processes, climate management, agricultural enterprises.

The article was prepared within the framework of the research and development project 2021.01/0416 "Introduction of climate-neutral innovations into agricultural nature management within the context of ecological and energy security of Ukraine" through grant support of the National Research Foundation of Ukraine.

Cite as: Borysiak, O. (2025). Components of introducing climate-neutral innovations into agricultural nature management for strengthening environmental and energy security. *Economic analysis*, 35 (2), 331-340. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.331>