



Кліматична нейтральність економіки

Леонід КОЖУШКО,
Василь БРИЧ,
Олена БОРИСЯК,
Анатолій РОКОЧИНСЬКИЙ,
Надія ФРОЛЕНКОВА

**КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЙНІ
ПРОЄКТИ У КОНТЕКСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Резюме

Досліджено особливості й переваги реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів у контексті збереження навколишнього середовища та

© Леонід Кожушко, Василь Брич, Олена Борисяк, Анатолій Рокочинський,
Надія Фроленкова, 2023.

Кожушко Леонід, д. т. н., професор, завідувач кафедри менеджменту, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна. ORCID: 0000-0002-5724-4773 Емейл: l.f.kozhushko@nuwm.edu.ua

Брич Василь, д. е. н., професор, директор Навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури, Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна. ORCID: 0000-0002-4277-5213 Емейл: v.brych@wunu.edu.ua

Борисяк Олена, к. е. н., докторантка кафедри маркетингу, Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна. ORCID: 0000-0003-4818-8068 Емейл: o.borysiak@wunu.edu.ua

Рокочинський Анатолій, д. т. н., професор кафедри водної інженерії та водних технологій, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна. ORCID: 0000-0002-5248-6394 Емейл: a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua

Фроленкова Надія, к. е. н., доцентка кафедри менеджменту, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна. ORCID: 0000-0003-4553-9547 Емейл: n.a.frolenkova@nuwm.edu.ua

енергетичної безпеки. Для цього розглянуто функціонування інвестиційних проєктів галузей природокористування (сільське господарство, лісове господарство та ін.), які забезпечують відновлювальними ресурсами (біомасою) виробництво «зеленої» енергії. Визначено аспекти переходу до низьковуглецевої економіки і формування вуглецевих ринків як плацдарму для розбудови системи управління кліматично-нейтральними інвестиційними проєктами. Науковою новизною дослідження є удосконалення підходів до обґрунтування економічної доцільності інвестицій у проєкти галузей природокористування в умовах зміни клімату, що полягає у застосуванні комплексного підходу до порівняння альтернативних варіантів проєктних рішень у кліматично-нейтральних інвестиційних проєктах і розробці методичних пропозицій щодо врахування факторів змінних метеорологічних умов у розрахунках економічних показників. Практичну цінність має визначення переваг реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів на прикладі виробництва й переробки агробіомаси для розвитку відновлюваної енергетики на засадах циркулярного використання ресурсів.

Ключові слова

Клімат; природокористування; «зелена» енергетика; інвестиції; низьковуглецева економіка; вуглецеві ринки; безпечні для довкілля процеси; кліматично-нейтральні інновації; відновлювальні джерела енергії; метеорологічні умови.

Класифікація за JEL: F21, O13, Q20, Q21, Q41, Q42.

3 таблиці, 10 формул, 21 джерело літератури.

Постановка проблеми та огляд літератури

Розвиток економіки тісно пов'язаний з екологічними проблемами як на глобальному, так і на регіональному рівнях, зумовлених масштабними змінами клімату, а також проблемами техногенного впливу на природне сере-

довище. Зокрема, енергетична сфера як складова критичної інфраструктури належить до галузей, що в останні десятиліття зумовлює формування вуглецевого сліду. Це стимулює до постійного вдосконалення форм та методів кліматично-нейтральної діяльності енергетичних підприємств, розширення напрямів екологічно чистих процесів (*environmentally friendly processes*), підвищення рівня її організації з метою раціонального використання природних ресурсів і досягнення максимальних екологічних результатів. У зв'язку з цим, особливе значення має забезпечення низьковуглецевого розвитку енергетичної сфери на засадах збалансованого управління природокористуванням.

На шляху переходу до низьковуглецевої економіки, що передбачає розвиток «зеленої» енергетики через використання відновлювальних енергетичних ресурсів, актуальним питанням є формування інвестиційної стратегії та реалізації кліматично-нейтральних проєктів, що передбачає вибір важливих напрямів інвестиційної діяльності, оцінку інвестиційної привабливості реальних проєктів та фінансових інструментів, відбір найбільш ефективних із них, формування реальних інвестиційних програм. В умовах розбудови низьковуглецевих ринків особливе значення має проведення оцінювання економічної та екологічної доцільності розробки та управління кліматично-нейтральними інвестиційними проєктами у сфері природокористування, що забезпечує відновлювальними ресурсами (біомасою) виробництво «зеленої» енергії.

Про загрозу й наслідки зміни клімату (розуміння поточного стану клімату, у т. ч. те, як він змінюється та роль людського впливу, стан знань про можливе майбутнє клімату, інформацію про клімат, що стосується регіонів і секторів, та обмеження зміни клімату, спричиненої людиною) свідчать такі дані:

- у 2019 р. концентрація CO₂ в атмосфері була вища, ніж будь-коли за останні 2 млн років, а концентрації CH₄ та N₂O були більші, ніж будь-коли за щонайменше 800 000 років;
- з 1970 р. глобальна температура поверхні зросла швидше, ніж за будь-який інший 50-річний період принаймні за останні 2000 років. Температури протягом останнього десятиліття (2011–2020) перевищують температури останнього багатотисячолітнього теплого періоду, приблизно 6500 років тому (0,2 °C до 1 °C відносно 1850–1900);
- у 2011–2020 рр. середньорічна площа арктичного морського льоду досягла найнижчого рівня щонайменше з 1850 р. Наприкінці літа 2020 р. площа арктичного морського льоду була менша, ніж будь-коли за останні 1000 років;
- глобальний середній рівень моря з 1900 року піднявся швидше, ніж за будь-яке попереднє століття принаймні за останні 3000 років (Masson-Delmotte et al., 2021; Андрусевич та ін., 2020; Yaroshkevych et al., 2021).

Згідно з проведеним наукометричним аналізом у Zhu et al. (2021) визначено динаміку зростання дослідницького інтересу до вивчення впливу зовнішніх ефектів на економічне зростання розвитку інфраструктури як аеропортів, автомобільного транспорту, так і енергетичних систем. У результаті цього одним з елементів адаптації енергетики до зміни клімату є так званий «зелений перехід», коли основну частину енергії держава отримує з відновлювальних джерел (Іванюта та ін., 2020, с. 78–79). Крім того, в умовах зміни клімату, що супроводжується обмеженістю природних ресурсів особливе значення має розробка заходів з посилення енергетичної безпеки через розбудову екологічно-чистих процесів (*environmentally friendly processes*) шляхом переходу до «зеленої» енергії, сталої та розумної міської мобільності, оптимізації ланцюгів постачання агробіомаси, що передбачають виробництво, просування та споживання екологічно-чистих продуктів і послуг.

У цьому контексті, формування системи управління кліматично-нейтральними інвестиційними проєктами розглядається крізь призму розробки й реалізації екоінновацій з отриманням екологічно-економічного ефекту, зокрема впливу екологічних інновацій на процес, організацію, маркетинг, фінансові та екологічні показники компанії (Barriga Medina et al., 2022). У цьому контексті важливе значення має інвестиційне забезпечення інноваційного розвитку муніципальної транспортної інфраструктури на засадах кліматичної нейтральності та енергоефективності, а саме: розбудови мережі зарядних станцій для електромобілей, велодоріжок, формування парку екологічного громадського транспорту. Серед інвестиційно-інноваційних безпечних для довкілля рішень виокремлюють застосування п'єзоелектричних датчиків, які перетворюють деформації та вібрації на шарах тротуарів, що піддаються механічному навантаженню транспортних засобів, в електричну енергію – п'єзоелектрику як джерела відновлюваної енергії (Mota et al., 2022). Окрім того, цінним є залучення інвестицій у розбудову «розумних» міст через розробку екологічно-чистих програм на основі Інтернету речей (Gurani et al., 2019).

Водночас у Гальчинська (2019) досліджено питання розвитку ринку біоенергетики та альтернативних джерел отримання енергії і «обґрунтовується науково-методичний підхід до оцінювання економічного потенціалу відходів, енергетичних культур у ринковому обігу, що базується на обчисленні оптимальних обсягів переробки відходів на біопаливо за окремими видами та передбачає встановлення обмежувальних критеріїв за розміром мінімально-допустимих площ посіву та поголів'я тварин для ефективного забезпечення існуючих потужностей для переробки біосировини» (Гальчинська, 2019). Інші науковці (Dzhedzhula & Yepifanova, 2021; Bashir et al., 2021) вказують на важливість трансформації енергетичної сфери шляхом реалізації інвестиційних проєктів із впровадження енергоефективних технологій, розбудови «розумних» енергетичних мереж.

Одним із способів зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище і попередження змін клімату є впровадження системи екологіч-

ного оподаткування (податок на використання енергоресурсів, транспорту, забруднення навколишнього середовища), зокрема шляхом встановлення і «зміни ставок різних видів екологічних податків» (Koziuk et al., 2020, с. 120). Іншим інноваційним рішенням у забезпеченні кліматично-нейтрального переходу підприємств на енергетичному ринку є інтеграція відновлювальних ресурсів у ланцюг енергопостачання, моніторинг і верифікація викидів вуглекислого газу, циркулярне використання агробіомаси ресурсів та оцінка впливу змін клімату (Borysiak et al., 2022), зворотна логістика в управлінні відходами (Zielińska, 2020, с. 172) та ін.

Під час проведення огляду наукових доробків виявлено зростання наукового інтересу і прикладну цінність розробки та реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів у різних сферах. Водночас у процесі вивчення особливостей впровадження кліматичних інновацій на підприємствах і в домогосподарствах інновації зазвичай розглядаються крізь призму отримання екологічних ефектів у результаті реалізації таких напрямів діяльності: перехід на альтернативні види палива (інноваційний розвиток енергетичних підприємств); декарбонізація транспорту; використання «розумних» технологій для оцінювання впливу на довкілля; впровадження енергетичного менеджменту і формування попиту на енергосервісні технології на промислових підприємствах і домогосподарствах; проведення енергоаудиту в будівництві; оцінювання управління переробкою сільськогосподарської сировини (біомаси). Водночас необхідно розробити гнучкі й комплексні еколого-економічні методичні підходи до обґрунтування отримання економічного ефекту від реалізації таких кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів.

З огляду на це **мета статті** – виокремлення особливостей та переваг реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів у контексті збереження навколишнього середовища та енергетичної безпеки.

Методологія

Гіпотеза дослідження полягає у тому, що основною умовою функціонування кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів є циркулярне використання природних ресурсів (водних, земельних, лісових тощо), а також мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище. Інвестиційні проєкти в галузях природокористування (сільське господарство, лісове господарство та ін.), що забезпечують відновлювальними ресурсами (біомасою) виробництво «зеленої» енергії, мають особливості, які необхідно враховувати під час їхнього планування та реалізації на засадах міжгалузевої взаємодії і циркулярного використання ресурсів. З огляду на це визначено такі концептуальні складові системи управління кліматично-нейтральними інвестиційними проєктами:

- формування концепції кліматично-нейтрального інвестиційного проєкту відповідно до загальної стратегії підприємства на засадах збереження навколишнього середовища;
- планування можливостей ресурсного забезпечення проєкту;
- маркетинговий супровід реалізації проєкту;
- обґрунтування критеріїв аналізу досягнення цілей, зокрема впровадження екологічно чистих процесів;
- розробка показників розрахунку доцільності та ефективності інвестицій методами сучасного інвестиційного аналізу;
- управління грошовими потоками проєкту, впровадження системи формування та обліку вхідних та вихідних потоків, фінансове планування та прогнозування;
- управління ризиками у галузях природокористування.

Методичну базу дослідження становлять методи статистичного аналізу, синтезу, матричного моделювання, системний підхід, економіко-математичне та імітаційне моделювання. Для обґрунтування запропонованих розробок застосовано інструментарій проєктного, фінансового та інвестиційного менеджменту, математичного аналізу та прогнозування, а також сформульовані авторами базові принципи комплексного інвестиційного аналізу природогосподарських проєктів.

Аналіз особливостей, сфер застосування, переваг та недоліків основних показників, що використовуються в сучасному інвестиційному аналізі, свідчить про те, що основними показниками, за якими слід аналізувати ефективність інвестицій у проєкти, в тому числі екологічні, слід вважати показники чистого дисконтованого доходу (NPV) та індексу дохідності інвестицій (PI). Вони можуть бути використані як критерії вибору серед альтернативних проєктних рішень. Показник дисконтованого терміну окупності (DPP) можна використовувати як обмеження та як простий метод оцінювання інвестиційного ризику. Щодо доволі популярної внутрішньої норми дохідності (IRR), вона також може бути застосована як обмеження в умовах залучення позичкових коштів для фінансування проєкту з метою визначення оптимальних відсотків за кредит, за якого проєкт буде беззбитковий, або для визначення запасу міцності проєкту.

Часто використовувані показники NPV та PI дають подібне ранжування проєктів за ступенем їхньої привабливості, проте не трапляються ситуації, коли можуть виникнути конфлікти між цими критеріями. У таких випадках перевагу потрібно надавати проєкту з найбільшим інтегральним ефектом, якщо немає обмежень для його застосування. Проте основним критерієм ефективності будь-яких витрат є відношення отриманого результату і витрат, що його зумовили. Водночас будь-які відносні величини більш інформативні й да-

ють змогу охарактеризувати продуктивність одиниці витрат та показники виробничої діяльності в динаміці під час аналізу тенденцій. З огляду на вищевикладене вважаємо за доцільне використовувати показник – індекс доходності інвестицій PI – як основний критерій для обґрунтування ефективності інвестицій у кліматично-нейтральні проекти.

Таким чином, загальна модель вибору оптимального варіанта проектного рішення буде мати вигляд:

$$PI = \max(PI_i) \quad \text{при} \quad (1)$$

$$\begin{cases} PI_i \geq 1; \\ NPV_i \geq 0; \\ IRR_i \geq d; \\ DPP_i \geq T. \end{cases} \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

де d – норма дисконту;

T – нормативний або прийнятний термін окупності інвестицій.

Для визначення методики інвестиційного аналізу практикується застосування ресурсного або грошового підходу. З огляду на те, що на стадії проектування складно спрогнозувати майбутні реальні грошові надходження, у дослідженні звернено увагу на застосування ресурсного і грошового підходів.

Результати дослідження

Попередження, пом'якшення та адаптація до зміни клімату передбачає застосування комплексного підходу до оптимізації ланцюгів виробництва, постачання і споживання товарів, що закладає фундамент для розвитку низьковуглецевої економіки. На цьому шляху у (Costantino, 2022) розрізняють підприємства, що прагнуть досягти вуглецевої нейтральності (мінімізація викидів вуглекислого газу), а також підприємства, які використовують вуглецеві кредити для компенсації викидів, які вони не можуть зменшити в інший спосіб. Таким чином, формується вуглецевий ринок, який «регулюється міжнародними, регіональними та субнаціональними програмами скорочення викидів вуглецю (Механізм чистого розвитку (МЧР) в рамках Кіотського протоколу, Система торгівлі викидами Європейського Союзу (СТВ-ЄС) та Каліфорнійський вуглецевий ринок)» (Costantino, 2022, с. 7).

Зокрема, «система торгівлі викидами Європейського Союзу (СТВ-ЄС) – це система «обмеження та торгівлі» викидами парникових газів (ПГ), яка діє у державах – членах ЄС і трьох державах – учасницях ЄАВТ (Ісландії, Ліхтенштейні та Норвегії). СТВ-ЄС встановлює обмеження сумарної кількості

двоокису вуглецю (CO₂) та інших парникових газів, які викидають електростанції, промислові установки та оператори повітряних суден. У рамках системи компанії, за потреби, можуть купувати і продавати квоти на викиди. Вони можуть використовувати також обмежену кількість міжнародних кредитів, генерованих проєктами зі скорочення викидів парникових газів. Кожна квота дає її власнику право на емісію 1 тонни (т) CO₂ або, залежно від дозволеної діяльності, еквівалентну кількість закису азоту (N₂O) чи перфторвуглеців (PFC)» (Costantino, 2022, с. 7).

Формування такої нормативно-правової системи регулювання вуглецевих ринків закладає фундамент для розробки та управління кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів, зокрема у сфері енергетики, діяльність якої зумовлює негативний вплив на навколишнє середовище. «Кожна тонна викидів CO₂ вимірюється у вуглецевих кредитах або одиницях сертифікованого скорочення викидів (CCB). Вуглецеві кредити або CCB генеруються на етапі реалізації проєкту і видаються після зарахування скорочення викидів» (Costantino, 2022, с. 7).

На шляху євроінтеграції для України особливе значення має імплементація положень Європейського Союзу з питань декарбонізації економіки (нова стратегія ЄС щодо адаптації до зміни клімату, червень 2021 р.). Для вирішення цього питання на національному рівні цінним є Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (Закон України від 12 грудня 2019 р. No. 377-IX), який передбачає окрім моніторингу, підготовки звітності операторів щодо їхніх викидів парникових газів, також верифікацію, зміст якої полягає у «перевірці звіту оператора, підготує та видачі верифікатором (юридичною особою, акредитованою відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності», яка проводить верифікацію) за результатами такої перевірки верифікаційного звіту» (Закон України від 12 грудня 2019 р. No. 377-IX).

У загальному вигляді залежно від джерел фінансування розрізняють ефективність проєкту загалом (загальна ефективність; комерційна ефективність) та ефективність участі в проєкті. Залежно від видів та джерел фінансування змінюються процедури розрахунку економічної ефективності проєкту.

Розглянемо процес формування загального економічного ефекту (E) від реалізації проєкту в галузі природокористування, що забезпечує відновлювальними ресурсами виробництво «зеленої» енергії, намагаючись сумістити ресурсний і грошовий підходи. З огляду на те, що метою реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів у сфері природокористування у контексті посилення енергетичної безпеки є більш раціональне використання природних ресурсів або скорочення збитків з екологічних причин, то результатом здійснення інвестицій може бути зростання цінності природного ресурсу (ресурсів) чи величина попередженого екологічного збитку.

Крім того, відповідно до грошового підходу, в дохідну частину включається приріст амортизаційних відрахувань, пов'язаний з введенням в дію нових виробничих фондів.

Підсумовуючи викладене, загальний річний економічний ефект (E) від реалізації природогосподарського проєкту загалом матиме вигляд

$$E = \Delta ЧД + \Delta P + \Delta З + \Delta A - I, \quad (3)$$

де $\Delta ЧД$ – приріст річного прогнозного чистого доходу підприємства за результатами реалізації інвестиційного проєкту;

ΔP – зростання вартості природних ресурсів за результатами реалізації інвестиційного проєкту;

$\Delta З$ – величина попереджених збитків навколишньому середовищу за результатами реалізації інвестиційного проєкту;

ΔA – приріст річних амортизаційних відрахувань, пов'язаний з введенням у дію нових виробничих фондів;

I – річна сума інвестицій.

Іншим важливим аспектом у процесі оцінювання управління кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів для посилення енергетичної безпеки шляхом диверсифікації використання відновлювальних ресурсів і посилення співпраці з підприємствами сфери природокористування є врахування кліматичних та метеорологічних (погодних) факторів у розрахунках економічних показників. Наприклад, аграрне виробництво здійснюється за участю природних факторів і продуктивність землеробства також залежить від метеорологічних факторів. Проте такі природні явища як опади, освітлення, інтенсивність сонячної радіації, температура, швидкість вітру – мають невизначений та змінний характер і важко передбачувані. Саме тому аграрне виробництво відбувається в умовах циклічності та мінливості погодних умов. І саме погодні умови у відповідному році мають визначальний вплив на величину економічного ефекту від реалізації таких проєктів. Аналогічно погодні умови можуть також впливати на результативність в інших галузях сфери природокористування (водне господарство, лісовий комплекс, рекреація, водний транспорт, рибне господарство та ін.)

У зв'язку з цим, питання врахування впливу метеорологічних факторів в економічних розрахунках набувають надзвичайної актуальності. Адже впровадження науково обґрунтованих та ефективних методів використання екологічної інформації в економічних розрахунках дасть змогу значно знизити збитки, що зумовлені природними умовами, та отримати більший ефект через реалізацію оптимальної стратегії організації виробництва.

Якщо розглядати проблему типізації змінних погодних умов, то традиційно прийнято їх групувати за сукупністю метеорологічних складових на групи років (наприклад – дуже сухі, сухі, помірні, вологі, дуже вологі). Розподіл груп років у межах життєвого циклу проєкту нерівномірний і може бути відображений за допомогою коефіцієнта дольової частки (імовірності виявлення) відповідної групи років у загальному терміні реалізації проєкту (Rokochynski et al., 2021).

З огляду на це економічний результат управління кліматично-нейтральним інвестиційним проєктом буде залежати від трьох основних факторів:

1. Метеорологічні умови у відповідних типових роках сукупності $P = \{p_j\}$, $j = \overline{1, m}$.

2. Частота (імовірність) або дольова частка виявлення відповідної групи років у проєктному терміні функціонування об'єкта – $\{\alpha_{p_j}\}$, $j = \overline{1, m}$.

3. Альтернативний варіант проєктного рішення (тип, конструкція, технологія, схема, процес тощо) сукупності $S = \{s_i\}$, $i = \overline{1, n}$.

Таким чином, у загальному вигляді функція корисності від реалізації варіанта проєктного рішення може бути подана, як:

$$E_{ps} = E(P, \alpha_p, S), \quad j = \overline{1, m}; \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

Для більшої наочності цю функцію можна записати у вигляді платіжної матриці (табл. 1).

У зв'язку з нерівномірним розподілом різних за погодними умовами груп років упродовж проєктного терміну функціонування об'єкту як середньорічного очікуваного ефекту за проєктом варто використовувати його середньозважене значення за групами років, що визначається за формулою математичного сподівання. В економічній статистиці це найважливіша характеристика випадкової величини, що служить центром розподілу її імовірностей. Зміст її полягає в тому, що вона показує найбільш правдоподібне очікуване значення досліджуваного чи оцінюваного фактора. Тоді середньорічний ефект за альтернативним варіантом проєктного рішення буде розрахований за формулою:

$$E_i = \sum_{j=1}^m E_{ij} \cdot \alpha_{p_j}, \quad j = \overline{1, m} \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

або

$$E_i = \sum_{j=1}^m (\Delta C D_{ij} + \Delta P_{ij} + \Delta Z_{ij} + \Delta A_i) \cdot \alpha_{p_j} - I_i \quad j = \overline{1, m} \quad i = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Таблиця 1

**Матриця залежності економічного ефекту
від зміни природно-кліматичних умов**

$P = \{p_j\}$	α_{p_j}	$S = \{s_j\}$			
		s_1			s_1
p_1	α_{p_1}	E_{11}	p_1	α_{p_1}	E_{11}
p_2	α_{p_2}	E_{21}	p_2	α_{p_2}	E_{21}
...
p_m	α_{p_m}	E_{m1}	p_m	α_{p_m}	E_{m1}

Джерело: побудовано на основі власних досліджень

Тоді основні показники загальної моделі (1), (2) за варіантами проектних рішень розраховуються за формулами відповідно:

$$PI_i = \left[\sum_{t=0}^T \frac{E_{it}}{(1+d_{it})^t} / \sum_{t=0}^T \frac{I_{it}}{(1+d_{it})^t} \right] + 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad (7)$$

$$NPV_i = \sum_{t=0}^T [E_{it} / (1+d_{it})^t], \quad i = \overline{1, n}; \quad (8)$$

$$\sum_{t=0}^{DPP_i} \frac{E_{it}}{(1+d_{it})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{I_{it}}{(1+d_{it})^t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (9)$$

$$\sum_{t=0}^T [E_{it} / (1+IRR_i)^t] = 0, \quad i = \overline{1, n} \quad (10)$$

де T – термін реалізації проекту, роки.

Запропоновані підходи до удосконалення методичних аспектів оцінювання управління кліматично-нейтральними інвестиційними проектами у сфері аграрного природокористування дають змогу підвищити обґрунтованість прийнятих управлінських рішень з урахуванням особливостей створення та функціонування екологічних об'єктів як складних природно-технічних та еколого-економічних систем у контексті посилення енергетичної безпеки.

В основі реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів закладено принцип ресурсощадливості та ефективного використання наявних ресурсів, а саме: можливість повторного споживання таких ресурсів у результаті їхньої вторинної переробки. У контексті підвищення енергоефективності та енергозбереження важлива роль належить формуванню культури переробки відновлювальних джерел енергії. Зокрема, у контексті посилення енергетичної безпеки особливе значення має визначення оптимальної частки власних інвестицій у портфелі інституційних інвесторів для реалізації інвестиційних проєктів з інтеграції збалансованого аграрного природокористування в управління ланцюгом постачання відновлювальних джерел енергії у результаті забезпечення взаємодії усіх суб'єктів такого ланцюга від виробництва біомаси до споживання вторинної енергії у домогосподарствах.

Для забезпечення екологічного управління, збалансованого і раціонального природокористування, використання біомаси розглядається як джерело для отримання «зеленої» енергії, що становить основу для розвитку «зеленої» енергетики загалом і біоенергетики на засадах циркулярності використання природних ресурсів. Серед імперативів підвищення енергоефективності економіки є розробка й оптимізація технологій вирощування енергетичних (фотосинтезуючих) рослин, які спеціально використовують як біопаливо або виробництво енергії. Біомаса є вуглекисло-нейтральним паливом, її використання не призводить до підсилення глобального парникового ефекту. Сьогодні основним постачальником біомаси, яку використовують на біопаливо, служать сільське й лісове господарство, енергоплантації і мікробіологічна промисловість.

Зокрема, одним із перспективних напрямів для аграрних підприємств є виробництво «зеленої» електроенергії та теплової енергії з біогазу. Зокрема, згідно з даними табл. 2, в Україні відстежуємо динаміку щодо збільшення виробництва електроенергії з біогазу. Серед екологічних ефектів реалізації біогазових проєктів у (Top Lead та Latifundist.com, 2020, с. 44) виокремлюють такі: «ефективне використання відходів агровиробництва, в т. ч. побічних продуктів тваринного походження (гною та посліду); залишки бродіння є якісним добривом, яке можна реалізувати або використовувати замість мінерального добрива; відсутність адаптаційного періоду у біодобрив дає змогу економити час та площу зберігання; виробництво електроенергії; скорочення площі зберігання відходів або повна відмова від зберігання гною та посліду; зменшення викидів парникових ефектів» (Top Lead та Latifundist.com, 2020, с. 44).

Крім того, перевагою переходу до використання енергетичних культур як біомаси для виробництва твердого біопалива є їхня доступність, простота виробництва, що є альтернативою заміни біомаси лісового погодження деревини, вартість на постачання яку зростає. Крім того, «вирощення енергетичних культур може відбуватись на деградованих землях і сприяти попередженню ерозії ґрунту» (Воробей та ін., 2018, с. 3–6).

Таблиця 2

Динаміка реалізації біогазових проєктів з виробництва електроенергії в Україні, 2018–2020 (станом на січень поточного року)

	2018	2019	2020	Відхилення між 2020 і 2018
Встановлена потужність біогазових проєктів (загальна), МВт	34	46	86	+52
Виробництво електроенергії біогазовими проєктами, млн кВт/год	9	16	30	+21

Джерело: (Top Lead та Latifundist.com, 2020, с. 44)

Натомість перехід до виробництва енергетичних культур як альтернативного ресурсу заміни газу для виробництва енергії в Україні передбачає регуляторного удосконалення, а саме: «розгляд і схвалення Верховною Радою України проєктів Законів 5227 і 5228 від 12.03.2021 р. і визначення терміна «енергетичні рослини», збільшення строку договору оренди землі для вирощування енергетичних рослин та ін. Це закладе підвалини для розвитку в Україні сектору вирощування енергетичних рослин (табл. 3)» (Агропортал, 2022).

Таблиця 3

Дохід від різних альтернатив використання землі сільськогосподарського призначення

№ з/п	Спосіб використання землі	Середня урожайність, т/га	Середня ціна продажу на внутрішньому ринку, євро/т	Дохід, євро/га
1.	Вирощування пшениці	4,65	160	744
2.	Вирощування кукурудзи на зерно	6	160	960
3.	Вирощування силосу кукурудзи для виробництва біометану	24,3	40	972
4.	Вирощування енергетичних рослин (верба, тополя)	18	60	1080

Джерело: (Агропортал, 2022)

Використання біомаси рослинного походження для виробництва біоенергії з метою забезпечення конкурентоспроможності сільських територій та аграрних формувань «потребує врахування деяких принципових умов: біогенні джерела цього виду промислової сировини повинні бути добре пристосованими до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування, забезпечувати високий та стабільний обсяг виробництва товарної продукції та її високий вихід з одиниці площі посіву; виробництво та переробка рослинної продукції мають бути регіонально сполученими, що виключає невиправдані витрати на транспортування і зберігання продукції; вирощування рослинної сировини потрібно забезпечити надійною системою насінництва; система виробництва та переробки рослинної сировини має передбачати можливість її багатоцільового промислового використання й утилізацію комерційно цінних побічних продуктів, що забезпечує безвідхідний характер цього процесу» (Сидорук, 2015, с. 117).

Водночас кліматично-економічним викликом для забезпечення стійкого розвитку аграрної сфери за рахунок закладання енергоплантацій (енергетична тополя, енергетична верба, павлонія, свічграс, міскантус, евкالیпт, коноплі, очерет, тростина та ін.) є визначення індивідуальних гідрометрологічних характеристик енергетичних культур за показником багаторічності (уникнення щорічного розорення земель сприяє збереженню вологості ґрунту), показником строку отримання врожаю, а також показником вологостійкості. У результаті цього компромісним управлінським рішенням може бути застосування міжгалузевого підходу до реалізації кліматично-нейтрального інвестиційного проєкту щодо створення кліматичних енергетичних кластерів за участі аграрних, біопереробних та енергетичних підприємств у ланцюзі виробництва «зеленої» енергії, що дасть змогу 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.

Відповідно ключове значення під час управління кліматично-нейтральними інвестиційними проєктами у сфері енергетики має розробка і реалізація плану дій щодо переходу на альтернативні джерела енергії підприємств енергетики. Зокрема, важливою інвестиційною складовою такого плану є визначення потенціалу відновлювальної сировини у товарному асортименті (деревина, солома зернових культур, цукрові буряки, кукурудза, сояшник, ріпак, енергетичні культури, біовідходи та ін.) для виробництва «зеленої» енергії.

З огляду на це особливе значення має забезпечення ефективної взаємодії аграрних підприємств і підприємств з виробництва «зеленої» енергії шляхом розробки оптимізаційного ланцюга постачання і переробки біомаси. Тому одним із заходів щодо забезпечення біосировиною може бути реалізація кліматично-нейтрального інвестиційного проєкту зі створення агроенергетичних кластерів з циркулярного використання агробіомаси на засадах смартуправління і за участі органів місцевого самоврядування.

Висновки

Реалізація кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів, перехід до диверсифікації відновлювальних енергетичних ресурсів належить до пріоритетних завдань кліматично-нейтрального розвитку економіки Європейського Союзу. На цьому шляху наукову й практичну цінність мають кліматично-нейтральні інвестиційні проєкти, виокремлення особливостей і переваг їхньої реалізації у контексті збереження навколишнього середовища та енергетичної безпеки.

Зокрема, наукову додану цінність має удосконалення підходів до обґрунтування економічної доцільності інвестицій у проєкти галузей природокористування, що полягає у застосуванні комплексного підходу до порівняння альтернативних варіантів проєктних рішень у кліматично-нейтральних інвестиційних проєктах та розробці методичних пропозицій щодо врахування факторів змінних метеорологічних умов у розрахунках економічних показників. Крім того, для розвитку відновлюваної енергетики на засадах циркулярного використання ресурсів практичне значення має визначення переваг реалізації кліматично-нейтральних інвестиційних проєктів на прикладі виробництва й переробки агробіомаси. Водночас розглянуті особливості функціонування інвестиційних проєктів галузей природокористування (сільське господарство, лісове господарство та ін.), які забезпечують відновлювальними ресурсами (біомасою) виробництво «зеленої» енергії є плацдармом для розвитку кліматично-нейтрального міжгалузевого партнерства (наприклад, створення агро-енергетичних кластерів), а також переходу до низьковуглецевої економіки.

Список використаної літератури

- Агропортал. (2022). *Україна потребує програми вирощування і використання енергетичних культур*. <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/ukrajina-potrebuye-programi-viroshchuvannya-i-vikoristannya-energetichnih-kultur>
- Андрусевич, А., Андрусевич, Н., Козак, З., & Романко, С. (2020). *Кліматична політика та громадянське суспільство: Майбутнє країн Східного партнерства в контексті Європейського зеленого курсу: Аналітичний документ*. Представництво Фонду Конрада Аденауера в Україні & Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». <https://www.rac.org.ua/uploads/content/594/files/edgeapclimatengosukr.pdf>

- Воробей, В., Медлех, Я., Гудз, Н. (2018). *Використання біомаси енергетичних культур у північних областях України (Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська та Чернігівська області)*. Агенція економічного розвитку PPV Knowledge Networks. https://www.ppv.net.ua/uploads/work_attachments/Studies_of_Forest-based_and_Energy_Crops_Biomass-for-Energy_Use_in_Northern_Oblasts_of_Ukraine_PPV_2018_UA.pdf
- Гальчинська, Ю. М. (2019). *Розвиток біоенергетичного ринку України на засадах маркетингу* [дис. на здоб. наук. ступ. докт. екон. наук]. Національний університет біоресурсів і природокористування України. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u145/dis_galchinska.pdf
- Іванюта, С. П., Коломієць, О. О., Малиновська, О. А., & Якушенко, Л. М. (2020). *Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації* (С. П. Іванюта, Ред.). НІСД. https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf
- Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів: Закон України від 12 грудня 2019 р. № 377-IX. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20#Text>
- Сидорук, Б. О. (2015). Особливості дослідження впливу біоенергетичної галузі на забезпечення конкурентоспроможності сільських територій та окремих аграрних формувань. *Сталий розвиток економіки*, 4(29), 116–123. http://nbuv.gov.ua/UJRN/sre_2015_4_18
- Barriga Medina, H. R., Guevara, R., Campoverde, R. E., & Paredes-Aguirre, M. I. (2022). Eco-innovation and firm performance: Evidence from South America. *Sustainability*, 14(15), 9579. <http://doi.org/10.3390/su14159579>
- Bashir, A. A., Jokisalo, J., Heljo, J., Safdarian, A., & Lehtonen, M. (2021). Harnessing the flexibility of district heating system for integrating extensive share of renewable energy sources in energy systems. *IEEE Access*, 9, 116407-116426. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105829>
- Borysiak, O., Wołowiec, T., Gliszczynski, G., Brych, V., & Dluhopolskyi, O. (2022). Smart transition to climate management of the green energy transmission chain. *Sustainability*, 14(18), 11449. <http://doi.org/10.3390/su141811449>
- Costantino, F. (2022). *Report on international voluntary and compulsory carbon markets with special emphasis to mechanisms applied in case of carbon farming and potential opportunities for Ukrainian developers*. United Nations Development Programme (UNDP) Office in Ukraine. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-11/FINAL%20REPORT%20UNDP%20LH%20CARBON%20FARMING.pdf>
- Dzhedzhula, V., & Yepifanova, I. (2021). Optimization of energy saving potential of industrial enterprises. *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 433-436. <http://doi.org/10.1109/ACIT52158.2021.9548428>

- Gurani, P., Sharma, M., Nigan, S., Soni, N., & Kumar, K. (2019). IOT smart city: Introduction and challenges. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 3484-3487. <http://doi.org/10.35940/ijrte.C5245.098319>
- Koziuk, V., Hayda, Yu., Dluhopolskyi, O., Martynyuk, V., & Klapkiv, Yu. (2020). Efficiency of environmental taxation in european countries: Comparative analysis. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 115-121. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-5/115>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (eds.). (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Mota, B. C., Neto, B. A., Barroso, S. H. A., Aragão, F. T. S., Ferreira, A. J. L., Soares, J. B., & Brito, L. A. T. (2022). Characterization of piezoelectric energy production from asphalt pavements using a numerical-experimental framework. *Sustainability*, 14, 9584. <https://doi.org/10.3390/su14159584>
- Rokochynskiy, A., Frolenkova, N., Turcheniuk, V., Volk, P., Prykhodko, N., Tykhenko, R., & Openko, I. (2021). The variability of natural and climatic conditions in investment projects in the field of nature management. *Journal of Water and Land Development*, 48(1-3), 48-54. <http://doi.org/10.24425/jwld.2021.136145>
- Top Lead, & Latifundist.com. (2020). *Інфографічний довідник 2019-2020 «Агробізнес України»*. Baker Tilly & Credit Agricole. https://agribusinessinukraine.com/get_file/id/agro-2020_1.pdf
- Yaroshevych, N., Stybel, V., Gutyj, B., Hrymak, O., Kushnir, L., Kalsitan, T., & Kondrat, I. (2021). Analysis of state of public financing of environmental protection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(13), 106-119. <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.249159>
- Zhu, L., Ye, Q., Yuan, J., Hwang, B.-G., & Cheng, Y. (2021). A scientometric analysis and overview of research on infrastructure externalities. *Buildings*, 11(12), 630. <http://doi.org/10.3390/buildings11120630>
- Zielińska, A. (2020). A comparative analysis of reverse logistics implementation for waste management in Poland and other European Union countries. *Journal of International Studies*, 13(4), 171-183. <http://doi.org/10.14254/2071-8330.2020/13-4/12>

Отримано: 5 лютого 2022 р.

Рецензовано: 10 лютого 2022 р.

Рекомендовано до друку: 14 лютого 2022 р.