

О.В. Олійник, д.е.н., проф.
Д.М. Захаров, доктор філософії
А.О. Соловей, здобувач

Державний університет «Житомирська політехніка»

Інноваційна діяльність підприємств із виробництва біопалива: обліково-аналітичний супровід сталого розвитку в умовах циркулярної економіки

У статті досліджується інноваційна діяльність підприємств у сфері виробництва біопалива в контексті сталого розвитку та принципів циркулярної економіки. У дослідженні акцентовано увагу на зростаючому значенні біоенергетики як одного з головних напрямів у подоланні сучасних енергетичних, екологічних і ресурсних викликів. Визначено, що ефективне функціонування підприємств біопаливного сектору потребує комплексного обліково-аналітичного супроводу, який забезпечує економічну доцільність інновацій, зменшення екологічного навантаження та досягнення соціального ефекту. Визначено потребу у модернізації облікових систем, з урахуванням екологічної компоненти та оцінки ефективності інновацій на основі системи ключових показників (KPI), що враховують економічні, екологічні, соціальні та обліково-аналітичні індикатори. Особливу увагу приділено впровадженню інструментів Business Intelligence (BI) та Big Data для підвищення якості управлінських рішень і прозорості звітності. В статті наведено приклади реалізації біоенергетичних проєктів в Україні, зокрема щодо виробництва біоетанолу, біогазу та біометану. Продемонстровано потенціал України як аграрної держави у створенні ефективної біоенергетичної інфраструктури, з урахуванням доступної сировинної бази та геоелектричних передумов. Окремо проаналізовано економічну доцільність будівництва біогазових установок і перспективи розвитку внутрішнього та експортного ринку біопалива. Обґрунтовано необхідність адаптації облікових практик до вимог сталого розвитку, зокрема інтеграції екологічних показників у фінансову звітність, що дозволяє ефективно оцінювати інновації у сфері біопалива. Стаття містить пропозиції щодо удосконалення обліково-аналітичного інструментарію та є актуальною для науковців, аналітиків і практиків, які займаються питаннями енергетичної трансформації та розвитку зеленої економіки.

Ключові слова: інноваційна діяльність; сталий розвиток; циркулярна економіка; відходи виробництва; біопаливо; відновлювальні джерела енергії; ресурсозбереження, ESG.

Актуальність теми дослідження. Глобальні виклики сучасності, зокрема енергетична криза, зміни клімату та виснаження природних ресурсів, потребують радикальних змін у підходах до виробництва й споживання енергії. У зв'язку з цим, розвиток відновлюваних джерел енергії, зокрема біопалива, стає стратегічно важливим напрямом для багатьох країн. Виробництво біопалива сприяє підвищенню енергетичної незалежності, зниженню викидів парникових газів і раціональному використанню біоресурсів, що відповідає концепції сталого розвитку.

Однак ефективне функціонування підприємств біоенергетичного сектору залежить від здатності впроваджувати новітні технології, модернізувати виробничі процеси та оптимізувати використання ресурсів відповідно до принципів циркулярної економіки. У цьому контексті інноваційна діяльність є ключовим фактором, що забезпечує конкурентоспроможність підприємств, зменшення собівартості продукції та підвищення її якості. В умовах нестабільності на світових ринках енергоресурсів країни прагнуть до диверсифікації енергетичних джерел, зокрема шляхом розвитку біоенергетики. Інноваційні технології у сфері виробництва біопалива дозволяють підвищити енергоефективність і зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів.

Традиційні енергетичні ресурси спричиняють значні викиди вуглекислого газу, що призводить до глобального потепління. Біопаливо, як екологічно чистіша альтернатива, сприяє скороченню викидів парникових газів. Інноваційні розробки у цій сфері дозволяють ефективніше використовувати біомасу та мінімізувати екологічний слід виробництва. Біопаливо може вироблятися із різних джерел: сільськогосподарські відходи, лісові залишки, енергетичні культури та органічні відходи. Інноваційна діяльність спрямована на пошук та впровадження найефективніших методів переробки біомаси, що сприяє максимальному використанню природних ресурсів і розвитку циркулярної економіки. Запровадження новітніх технологій та автоматизація виробництва дозволяють підприємствам зменшити витрати на виробництво біопалива, підвищити продуктивність і якість кінцевої продукції. Тим самим сприяє розширенню ринку біопалива, залученню інвестицій та формуванню нових бізнес-моделей.

Станом на 2023 рік світове виробництво біопалива досягло рекордного рівня, що свідчить про посилення ролі відновлюваних джерел енергії у глобальному енергетичному секторі. Загальний обсяг виробництва рідкого біопалива перевищив 166 мільярдів літрів, із яких приблизно 70 % припадає на біоетанол. Світове виробництво біоетанолу у 2023 році становило близько 116 мільярдів літрів. Основними виробниками залишаються США і Бразилія, які разом складають близько 80 % світового обсягу. США забезпечили приблизно 59 мільярдів літрів, переважно з кукурудзи, тоді як Бразилія – близько 35 мільярдів літрів, використовуючи цукрову тростину як основну сировину. Біоетанол активно використовується як компонент бензину для зменшення викидів парникових газів [9].

Поряд із біоетанолом важливу частку у загальному обсязі займає біодизель, включаючи гідрооброблену рослинну олію (HVO). У 2023 році його виробництво становило приблизно 71,5 мільйона тонн, що на 11 % більше, ніж у 2022 році. Основними виробниками біодизелю є Європейський Союз, США, Бразилія та Індонезія. У ЄС біодизель виробляють переважно з ріпакової олії, у США – з соєвої, в Індонезії – з пальмової. Активне зростання виробництва біодизелю зумовлене прагненням країн скоротити залежність від викопного пального, покращити енергетичну безпеку та досягти кліматичних цілей [10].

Значна кількість країн, включаючи Україну, активно підтримують розвиток біоенергетики шляхом впровадження стимулюючих заходів, податкових пільг та екологічних стандартів. У цьому контексті дослідження ролі інновацій у сталому розвитку підприємств біопаливного сектору є важливим для розробки ефективних механізмів державної політики.

Виробництво біопалива в Україні перебуває на етапі становлення, проте володіє значним потенціалом розвитку, зумовленим наявністю аграрних ресурсів, відповідної сировинної бази та зацікавленістю з боку міжнародних партнерів. У секторі виробництва біоетанолу на території України функціонує 22 малі біоетанольні заводи, загальна проєктна потужність яких перевищує 380 тисяч тонн на рік. Водночас лише незначна частина цих підприємств працює на повну потужність, що свідчить про наявність суттєвого резерву для нарощування обсягів виробництва [8].

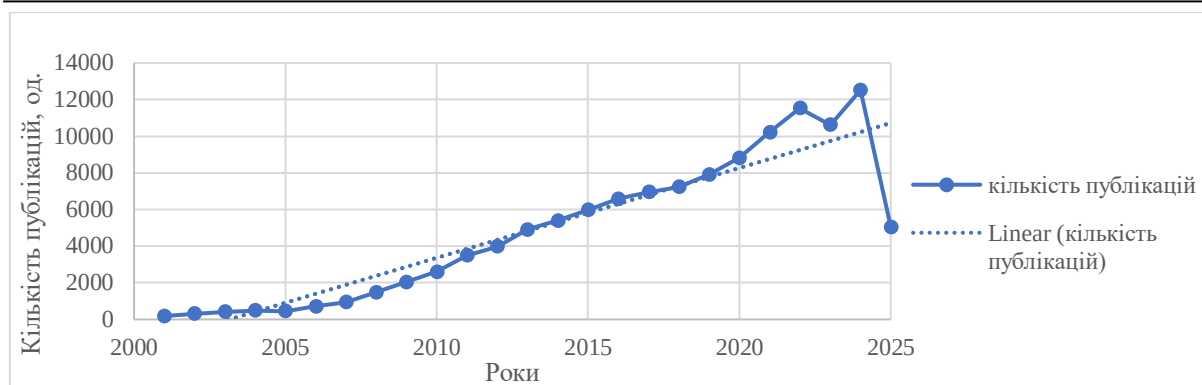
Ще одним перспективним напрямом є виробництво біогазу, потенціал якого в Україні, за оцінками фахівців, становить 8,16 мільйона тонн нафтового еквівалента на рік. Із цього обсягу приблизно 25 % може бути використано для потреб транспорту, що відкриває можливості для заміщення викопного палива в секторі перевезень. Згідно з прогнозами, до 2050 року потенціал виробництва біогазу як моторного палива може зрости до 4,7 мільйона тонн нафтового еквівалента на рік, що створює передумови для розвитку національного ринку альтернативного пального [8].

У 2023 році було зафіксовано важливий прорив у напрямі виробництва біометану: компанія Gals Agro запустила перший в Україні завод з його промислового виробництва у Чернігівській області. Біометан як високоякісний аналог природного газу має особливе значення в контексті енергетичної безпеки. Потенціал виробництва біометану в Україні оцінюється на рівні 21,8 мільярда кубічних метрів на рік, що ставить країну у вигідне становище для розвитку експорту цього ресурсу до Європейського Союзу, особливо в умовах скорочення постачання російського газу [8].

Отже, сучасні тенденції світового ринку біопалива свідчать про його поступове зміцнення як одного з ключових напрямів у переході до низьковуглецевої енергетики. Лідерство США та Бразилії у виробництві біоетанолу та біодизелю формує глобальні орієнтири для інших країн, зокрема й для України. Попри те, що український сектор біопалива наразі перебуває на початковому етапі розвитку, країна володіє значним сировинним потенціалом, розвинутим аграрним сектором і зростаючим інтересом іноземних інвесторів. За умови реалізації відповідної державної політики, стимулювання внутрішнього ринку та залучення технологічних інновацій, Україна може стати помітним гравцем на європейському ринку біопалива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні роки свідчать про зростаючий інтерес до інноваційної діяльності у сфері виробництва біопалива як ключового фактора сталого розвитку підприємств (рис. 1).

У науковій літературі зростає інтерес до економічної складової виробництва біопалива, зокрема в контексті забезпечення енергетичної незалежності, раціонального використання аграрного потенціалу та підвищення ефективності галузі. Коломієць Т.В. акцентує увагу на перспективності біопаливного сектору в умовах війни, підкреслюючи економічні переваги заміщення природного газу аграрними відходами [4]. Автор розглядає можливості використання біомаси як стратегічного ресурсу для зниження енергозалежності країни. Гонтарук Я.В. та Шевчук Г.В. аналізують ефективність використання продукції агропромислового комплексу для досягнення енергетичної самодостатності [2]. Особлива увага в їхніх дослідженнях приділяється модернізації існуючих виробничих потужностей, таких як цукрові та спиртові заводи, для переорієнтації на виробництво біоетанолу. Своєю чергою І.В. Гончарук, Т.В. Ємчик, І.М. Купчук, Н.В. Телекало та Я.В. Гонтарук розробляють економічні моделі оптимізації вирощування кукурудзи як сировини для біопалива, враховуючи чинники собівартості, рентабельності та динаміки ринкового попиту [3].



Джерело: авторська розробка

Рис. 1. Динаміка публікацій за ключовим словом «облік інновацій» у наукометричній базі SCOPUS

Окрему групу становлять дослідники, які вивчають обліково-аналітичні аспекти діяльності біопаливних підприємств. Так Н.В. Телекало, І.М. Купчук та Я.В. Гонтарук аналізують особливості організації бухгалтерського обліку у сфері біопалива, пропонуючи адаптовані методики калькулювання собівартості з урахуванням сезонності виробництва і варіативності сировинної бази [6]. Фурман І. та Ксенчин Д. у статті визначають основні проблеми виробництва біогазу в Україні: нестабільний склад сировини, низька концентрація метану, висока технологічність процесів і потреба в значних інвестиціях [7]. Автори наголошують про важливість впровадження штучного інтелекту для оптимізації управління біоенергетичними кластерами, логістики відходів і розвитку державної підтримки з урахуванням досвіду ЄС.

В цілому ці дослідження свідчать про великий потенціал біопаливної галузі України для забезпечення енергетичної безпеки та підтримки економічного розвитку країни, особливо в умовах військових викликів. Проте додаткового дослідження потребують питання обліково-аналітичного супроводу сталого розвитку інноваційної діяльності підприємств із виробництва біопалива в умовах циркулярної економіки.

Метою дослідження є окреслення напрямів обліково-аналітичного супроводу сталого розвитку інноваційної діяльності підприємств із виробництва біопалива в умовах циркулярної економіки.

Викладення основного матеріалу дослідження. В умовах енергетичної кризи, зростаючої вартості імпортного палива та посилення вимог до екологічної безпеки, виробництво біопалива в Україні набуває стратегічного значення. Особливо актуальним є аналіз ефективності впровадження біоенергетичних технологій, що базуються на використанні місцевої сировини – аграрних і переробних відходів. Україна має великий потенціал для створення економічно вигідних і технологічно ефективних біопаливних виробництв, однак реалізація цього потенціалу потребує значних початкових інвестицій, планування логістики сировини, вибору оптимальних технологій та створення інфраструктури.

Ефективність виробництва біопалива в Україні, зокрема на прикладі переробки сільськогосподарських відходів у біогаз, є важливою темою в контексті сучасного енергетичного переходу, розвитку сільських територій і зменшення залежності від викопного палива. Біогаз – це відновлюване джерело енергії, яке утворюється внаслідок анаеробного зброджування органічних відходів, таких як гній, силос, післяжнивні залишки, харчові та переробні відходи. Україна, як аграрна держава, має потужну сировинну базу для такого типу біопалива, що створює сприятливі умови для ефективного впровадження та масштабування технологій.

Однією з ключових переваг біогазових технологій є широкий спектр доступної сировини. У сільському господарстві України масово утворюються органічні відходи, які можуть бути ефективно використані для генерації енергії. Найпоширенішими є:

- гній великої рогатої худоби, свиней, птиці;
- кукурудзяний силос, жом цукрового буряка, солома;
- харчові залишки, відходи з пивоварень, молокозаводів;
- послід із птахофабрик;
- залишки овочів, фруктів, зернових.

Ці компоненти мають високий вміст органічних речовин і можуть утворювати значні обсяги біогазу, який у свою чергу використовується для виробництва електроенергії, тепла або біометану.

Враховуючи широкий спектр органічної сировини, що утворюється у сільському господарстві України, біогазові технології дозволяють ефективно перетворювати аграрні відходи на енергію. Такий підхід не лише сприяє енергетичній незалежності, а й забезпечує додаткову економічну вигоду для аграрних підприємств, знижуючи витрати на утилізацію відходів та підвищуючи ефективність використання ресурсів.

Ефективне використання органічної сировини для виробництва біогазу потребує не лише наявності ресурсів, але й значних інвестицій у технологічну інфраструктуру. Вартість створення біогазової установки залежить від її потужності, типу сировини, рівня автоматизації та комплектації обладнання (табл. 1).

Таблиця 1

Типовий інвестиційний бюджет біогазової установки на прикладі проекту потужністю 500 кВт

Вид витрат	Сума, євро
Проектно-дозвільна документація	50–70 тис. євро
Закупівля обладнання (реактори, змішувачі, подачі системи)	600–800 тис. євро
Установка когенераційного двигуна (електрогенератор)	250–350 тис. євро
Будівельно-монтажні роботи	150–200 тис. євро
Системи автоматизації, керування, моніторингу	30–50 тис. євро
Логістика, ПДВ, непередбачені витрати	до 150 тис. євро

Джерело: авторська розробка на основі [5]

У підсумку, загальні інвестиції становлять 1,2–1,6 млн євро. Варто зазначити, що вартість може варіюватися залежно від типу сировини, розміру установки та глибини переробки.

Біогазова установка потужністю 500 кВт може щорічно виробляти до 4,2 млн кВт год електроенергії. У випадку наявності договору на продаж електроенергії за «зеленим тарифом» (наприклад, 0,1239 євро/кВт год), річний дохід від реалізації електроенергії може становити близько 520 тис. євро. Окрім цього, використання теплової енергії (до 4 млн кВт год) дає можливість заощадити або заробити ще 50–80 тис. євро на рік. Додатковим джерелом прибутку є продаж органічних добрив (дигестату), який можна реалізовувати або використовувати для власного землеробства, замінюючи хімічні добрива.

Таким чином, загальний річний дохід може сягати 650–700 тис. євро, що дозволяє вийти на термін окупності 5–7 років, залежно від умов фінансування та ефективності експлуатації.

Крім фінансової доцільності, біогазові проекти мають потужний екологічний ефект:

- зменшення викидів парникових газів (заміщення природного газу, зниження метану від гною);
- усунення неприємних запахів від ферм;
- зниження забруднення ґрунтів і вод під час зберігання гною;
- зменшення навантаження на сміттєзвалища;
- виробництво безпечного для довкілля органічного добрива.

Соціальний ефект включає створення нових робочих місць, активізацію місцевого бізнесу, підвищення енергетичної незалежності громад, стабільне енергопостачання навіть у кризових умовах.

Україна – це насамперед аграрна країна, що генерує величезну кількість органічних відходів, більшість із яких залишаються невикористаними. Йдеться про солом, гній, жом, лушпиння, післяжнивні рештки тощо. Ці відходи є потенційно безкоштовною або маловартісною сировиною для виробництва біопалива, особливо у сільських регіонах, де відсутнє централізоване теплопостачання. У таких умовах біоенергетика відкриває шлях до створення незалежного, стабільного й економічно виправданого енергопостачання.

Біогаз, а також тверді види біопалива – пелети чи брикети – здатні замінити імпортований природний газ або вугілля у котельнях громад, лікарнях, школах, а також у комунальній чи навіть промисловій енергетиці. Оскільки біопаливо створюється безпосередньо в регіоні його використання – це мінімізує витрати на транспортування, логістичні ризики та зменшує залежність від геополітичних загроз і криз на ринку енергоносіїв.

Крім того, виробництво біогазу формує замкнений цикл: побічним продуктом є високоякісне органічне добриво, що покращує родючість ґрунтів та знижує залежність аграріїв від дорогих мінеральних добрив, більшість з яких імпортується. Таким чином, біопаливо забезпечує не лише енергетичну, а й продовольчу безпеку, стимулює розвиток сільських громад, створює нові робочі місця та підвищує стійкість економіки.

Україна також має потенціал не лише для внутрішнього споживання, а й для експорту біопалив – зокрема пелет із соломи, лушпиння або деревини – до країн ЄС. Це відповідає політиці Європейського зеленого курсу, спрямованій на декарбонізацію і використання відновлюваних джерел енергії.

На протипагу цьому, традиційні джерела енергії, як-от вугілля, природний газ і нафта, мають низку суттєвих недоліків. Вугілля часто не відповідає екологічним стандартам: надмірні викиди CO₂, сірки, твердих частинок забруднюють довкілля та загрожують здоров'ю населення. Природний газ стає дедалі дорожчим через геополітичну напругу, а також є важелем впливу з боку країн-експортерів. Нафта й мазут – найдорожчі джерела енергії, і через свою вартість майже не застосовуються в енергетиці, окрім аварійного резерву. Крім того, жодне з цих джерел не є вуглецево нейтральним, тоді як біопаливо під час спалювання виділяє стільки ж CO₂, скільки було поглинуто рослиною під час її росту (табл. 2).

Впровадження біопалива в енергетичну систему України є не лише екологічно доцільним, а й економічно та стратегічно виправданим порівняно з традиційними джерелами енергії, такими як вугілля, природний газ, нафта, а також із деякими відновлюваними – гідро- та вітроенергетикою.

Таблиця 2

Порівняння джерел енергії

Джерело енергії	Доступність в Україні	Вартість виробництва (€/МВт·год)	Екологічність	Стабільність постачання	Інвестиції	Примітка
Біопаливо (біогаз, біоетанол, пелети)	Висока (відходи агросектору)	60–110 (при масштабному виробництві)	Висока (нейтральне CO ₂)	Висока (локальна сировина)	Високі, але доступні через кредити/гранти	Залежить від доступності сировини та масштабу; вигідно при дотаціях. Найефективніша для теплогенерації на місцевому рівні
Вугілля	Вичерпне, залежне від імпорту	80–150	Дуже низька (високі викиди CO ₂ і SO ₂)	Нестабільна (логістика, шахти)	Потребує модернізації ТЕС	Найбільш забруднююче джерело
Газ	Власний видобуток + імпорт	90–130	Середня (нижчі CO ₂ , але є викиди CH ₄)	Залежність від імпорту, особливо в період війни	Висока (інфраструктура, ціна)	Ризик геополітичної нестабільності. Дуже залежить від імпортової ціни; вразливий до коливань
Нафта/мазут	Імпортна сировина	110–150	Низька	Висока вартість логістики, особливо під час війни	Високі	Дороге джерело, резервне або аварійне використання
Гідро-енергетика	Обмежена (до 8 % балансу)	30–70	Висока, але є ризики впливу на екосистему	Залежна від клімату	Висока при будівництві	Дешева, але має екологічні обмеження і лімітований потенціал
Вітрова енергетика	Потужний потенціал (особливо південь)	45–90	Висока (0 викидів)	Залежна від погодних умов	Середні (високі на старті)	Потрібна балансувальна енергосистема. Доступна за ціною, але потребує стабілізації мережі
Сонячна енергетика	Потенціал добрий (Центр, Південь)	40–80	Висока	Погано працює взимку/вночі	Середні	Вимагає акумулювання. Залежить від регіону та амортизації обладнання; найдешевша з ВДЕ при масштабах

Джерело: авторська розробка на основі [1]

Найдешевшими джерелами енергії на сьогодні залишаються гідроенергетика, сонячна та вітрова енергія, однак їх ефективність суттєво залежить від природних умов і має виражену сезонність. Наприклад, сонячна генерація знижується взимку, а гідроелектростанції залежать від рівня води у річках. Водночас біопаливо займає проміжну позицію за вартістю: воно не найдешевше, але має низку вагомих переваг, серед яких локальність виробництва, стабільність постачання та можливість отримання додаткового доходу від побічних продуктів, таких як високоякісне органічне добриво. Це робить біоенергетику не лише джерелом енергії, а й елементом циркулярної економіки.

На противагу цьому, традиційні джерела енергії – вугілля, природний газ і нафта – демонструють високу або нестабільну вартість. Їх ціна суттєво зростає під час воєн, енергетичних криз або на фоні геополітичної нестабільності. Крім того, ці джерела мають значний негативний вплив на довкілля, спричиняючи високі викиди парникових газів та інші форми забруднення. Біоенергетика, своєю чергою, має потенціал поступового зниження собівартості за рахунок удосконалення технологій, збільшення масштабів виробництва, державної підтримки та інвестицій у галузь. Це робить біопаливо перспективним і більш адаптивним варіантом енергозабезпечення, особливо для країн із розвиненим аграрним сектором, таких як Україна.

Облік інновацій у виробництві біопалива є необхідною умовою для досягнення максимальної ефективності використання новітніх технологій, зниження екологічного навантаження та забезпечення сталого економічного розвитку галузі. Для оцінки реального внеску інновацій у розвиток біоенергетики важливо враховувати кілька ключових аспектів, серед яких витрати на дослідження та розробки, впровадження нових технологій, оцінка екологічного та економічного ефекту.

Витрати на дослідження і розробки (R&D) є основою інноваційного процесу, оскільки вони охоплюють науково-дослідні роботи, лабораторні експерименти, розробку нових технологій та матеріалів для переробки біомаси. Такі витрати є капітальними і здійснюються на ранніх етапах розробки інновацій, але їх роль полягає в створенні фундаменту для подальших досягнень у біоенергетиці. Врахування витрат на дослідження та розробки в бухгалтерському обліку дозволяє відслідковувати розвиток нових технологій і визначати їх ефективність у довгостроковій перспективі.

Витрати на впровадження нових технологій переробки сировини включають закупівлю новітнього обладнання, автоматизацію процесів, модернізацію виробничих ліній та оптимізацію існуючих технологій. Ці інвестиції безпосередньо сприяють підвищенню ефективності виробництва біопалива, зниженню витрат на енергозабезпечення, зменшенню впливу на навколишнє середовище. У бухгалтерії ці витрати мають бути чітко відокремлені, оскільки вони можуть включати як капітальні, так і операційні витрати, що мають безпосередній вплив на фінансові результати компанії.

Оцінка екологічного ефекту від впроваджених інновацій містить визначення впливу нових технологій на навколишнє середовище. Це може бути зменшення викидів парникових газів, таких як CO₂ та метан, скорочення забруднення води та ґрунтів, а також оптимізація використання природних ресурсів. Важливим показником є зменшення викидів CO₂, що є прямим результатом переходу до більш екологічно чистих технологій. Це допомагає компаніям не лише відповідати вимогам екологічного законодавства, а й активно брати участь у глобальних ініціативах у боротьбі зі змінами клімату.

Розрахунок економічного ефекту від впроваджених інновацій є важливим для оцінки рентабельності та прибутковості проєктів у біоенергетиці. Це є розрахунки собівартості біопалива, зниження витрат на енергію та сировину, а також підвищення конкурентоспроможності продукції. Інноваційні технології можуть призвести до значних економічних переваг, таких як зменшення витрат на виробництво та підвищення ефективності використання ресурсів. Це дозволяє підприємствам оптимізувати фінансові результати і приймати обґрунтовані рішення щодо масштабування виробництва або залучення інвестицій.

Аналітичне забезпечення обліку інновацій повинно базуватися на ряді показників, що дозволяють оцінити ефективність використання біомаси, зменшення енергоспоживання та викидів CO₂. Для цього необхідно використовувати коефіцієнти утилізації відходів, які показують ефективність переробки органічних матеріалів у корисний продукт. Це дозволяє на рівні обліку виявляти можливості для оптимізації технологічних процесів, підвищення продуктивності та зниження енергетичних витрат.

Впровадження показників для оцінки впливу інновацій на досягнення цілей сталого розвитку є важливою складовою в обліковому процесі. Врахування цілей сталого розвитку (ЦСР 7, 12, 13) дозволяє оцінити, наскільки інновації в біоенергетиці сприяють досягненню глобальних екологічних цілей, таких як зменшення викидів парникових газів, відповідальне споживання та виробництво, а також боротьба зі змінами клімату. Інтеграція цих показників у систему обліку дозволяє більш точно оцінити роль біопалива у глобальному енергетичному переході та забезпечити підтримку міжнародних ініціатив по охороні навколишнього середовища. В таблиці 3 наведено можливу структуру системи KPI для підприємств біоенергетичного сектору.

Запропонована система ключових показників ефективності (KPI) дозволяє комплексно оцінювати інноваційну діяльність підприємств біоенергетичного сектору з урахуванням економічних, екологічних і

соціальних аспектів. Інтеграція таких показників у обліково-аналітичну систему забезпечує можливість кількісного вимірювання результатів упровадження новітніх технологій, підвищує прозорість управлінських рішень та сприяє досягненню цілей сталого розвитку. Розробка і застосування КРІ, пов'язаних із ЦСР і принципами циркулярної економіки, дозволяє підприємствам не лише оптимізувати виробничі процеси, а й ефективно позиціонувати себе в умовах зростаючих екологічних та інвестиційних вимог.

Таблиця 3

Структура системи КРІ для підприємств біоенергетичного сектору

Категорія КРІ	Назва показника	Опис	Джерело даних
Економічні КРІ	Рентабельність інноваційних проєктів	Відношення прибутку від інновацій до інвестицій у R&D	Управлінський облік
	Зниження собівартості одиниці біопалива	Динаміка зменшення витрат на виробництво після впровадження технологій	Виробнича звітність
	Частка інноваційних витрат у загальних інвестиціях	Частка витрат на впровадження нових технологій	Бюджет інвестицій
Екологічні КРІ	Скорочення викидів CO ₂	Зменшення викидів після впровадження нової технології	Звітність з охорони довкілля
	Частка перероблених агровідходів	Відношення використаних відходів до загального обсягу	Виробничий облік
	Частка відновлюваної енергії в енергобалансі підприємства	Споживання енергії з власного біопалива	Енергетичний облік
Соціальні КРІ	Кількість створених робочих місць	Нові робочі місця завдяки інноваціям	Кадровий облік
	Доля локальних постачальників сировини	Чи сприяє інновація розвитку місцевих громад?	Логістичний облік
Обліково-аналітичні КРІ	Доля екологічних показників у звітності	Відображення екологічних ефектів в управлінській / фінансовій звітності	Внутрішня аналітика
	Коефіцієнт утилізації відходів	Відношення перероблених відходів до загального обсягу	Аналітична система ВІ

Джерело: авторська розробка

Для підвищення ефективності обліково-аналітичного супроводу в сфері біопалива і біоенергетики важливо розглянути кілька ключових рекомендацій, що забезпечать більш точну та комплексну оцінку як економічних, так і екологічних аспектів діяльності підприємств.

Однією з важливих умов для підвищення ефективності обліково-аналітичного супроводу є створення єдиної облікової системи, яка інтегрує екологічні показники з фінансовими. Така система дозволяє не тільки контролювати витрати і доходи, але й вчасно оцінювати вплив діяльності підприємства на навколишнє середовище. Наприклад, до фінансових показників можна додавати екологічні індикатори, такі як кількість зменшених викидів CO₂, обсяг використаних відновлюваних ресурсів, рівень забруднення тощо. Це дозволить підприємствам на всіх етапах виробництва виявляти екологічно чисті та економічно вигідні рішення, оптимізувати витрати, підвищувати рівень екологічної відповідальності та забезпечити більш прозору і обґрунтовану звітність. Така інтеграція також може стати основою для впровадження корпоративної соціальної відповідальності та задовольняти вимоги міжнародних стандартів екологічної звітності.

Для того, щоб ефективно управляти інноваційними процесами та оцінювати екологічну ефективність, необхідно розробити систему ключових показників ефективності (КРІ). Ця система повинна бути орієнтована на вимірювання не тільки економічних результатів (рентабельність, прибутковість), але й на екологічні досягнення, такі як зменшення викидів парникових газів, зниження споживання енергоресурсів, ефективність утилізації відходів.

Залучення КРІ дозволить компаніям більш точно оцінювати ефективність своїх інновацій, проводити порівняння між різними технологіями і вибирати найбільш вигідні з екологічної та економічної точок зору. Це також допоможе забезпечити постійний моніторинг і своєчасне коригування стратегії інноваційного

розвитку, оскільки за допомогою КРІ можна швидко виявляти проблемні зони, визначати ресурси, які потребують оптимізації, і розкривати технології, які сприяють зменшенню екологічного впливу.

Завдяки розвитку технологій Business Intelligence (BI) і Big Data підприємства біоенергетичної галузі можуть значно покращити процеси аналітики та управління. Використання BI дозволяє здійснювати глибокий аналіз великих обсягів даних, таких як споживання сировини, енергоресурсів, обсяги утворення та переробки відходів, ефективність виробничих процесів тощо. Завдяки BI можна не тільки отримувати інформацію про поточний стан діяльності, але й робити прогнози, виявляти тенденції, а також оптимізувати виробничі та енергетичні процеси. Наприклад, за допомогою BI можна аналізувати дані про споживання енергії на кожному етапі виробництва біопалива, виявляючи можливості для зменшення витрат енергоресурсів або зниження екологічного впливу виробничих процесів. Це дозволяє приймати більш обґрунтовані та ефективні рішення, забезпечує можливість оперативного реагування на зміни в умовах ринку чи виробництва, а також підвищує рівень інноваційності та конкурентоспроможності підприємства.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Швидкий розвиток індустріального виробництва та зростання споживання традиційних енергоресурсів зумовили виникнення значних екологічних і ресурсних викликів. У зв'язку з цим, останні десятиліття все більшої популярності набуває виробництво біопалива як перспективного напрямку забезпечення енергетичної безпеки та зменшення вуглецевого сліду. З урахуванням сучасних тенденцій розвитку циркулярної економіки, де провідну роль має повторне використання ресурсів і мінімізація відходів, виробництво біопалива постає як стратегічна галузь.

Інноваційна діяльність у сфері виробництва біопалива виступає ключовим фактором досягнення сталого розвитку в умовах циркулярної економіки. Обліково-аналітичне забезпечення повинно трансформуватись у напрямі відображення екологічної компонентної вартості інновацій, формування інформаційної бази для прийняття управлінських рішень, з урахуванням принципів ресурсозбереження, екологічної безпеки та економічної доцільності. Це забезпечить не лише покращення результативної діяльності біоенергетичних підприємств, а й сприятиме формуванню екологічно відповідальної моделі ведення господарства.

Обліково-аналітичне забезпечення у сфері біоенергетики повинно адаптуватись до нових реалій, інтегруючи екологічні аспекти в облік і управлінську практику. Трансформація облікової системи в напрямку відображення екологічної компонентної вартості інновацій дозволить підвищити прозорість і точність фінансової та екологічної звітності. Створення облікових систем, що інтегрують екологічні показники з фінансовими, а також впровадження системи КРІ для моніторингу екологічної ефективності, дозволить точно оцінити досягнення цілей сталого розвитку та забезпечити баланс між економічною доцільністю і збереженням природних ресурсів.

Розвиток системи аналітичного супроводу, що базується на даних Big Data і Business Intelligence, дозволить створити динамічні моделі для аналізу та моніторингу виробничих процесів, що включають енергетичні витрати, утилізацію відходів та екологічний вплив. Це допоможе підприємствам не лише підвищити ефективність, але й адаптувати свої стратегії до вимог сталого розвитку та міжнародних екологічних стандартів.

Подальші дослідження повинні зосереджуватися на розвитку більш детальних методик обліку та аналізу в умовах циркулярної економіки, зокрема вивченням впливу впроваджених інновацій на досягнення міжнародних екологічних цілей. Також варто розширити дослідження в напрямку розробки ефективних моделей інтеграції екологічних показників в управлінський облік і системи моніторингу. Подальше вдосконалення методів оцінки економічної ефективності біоенергетичних технологій дозволить забезпечити більш високий рівень інвестиційної привабливості та сприятиме розвитку сталого бізнесу в галузі біопалива.

Список використаної літератури:

1. Альтернативні джерела енергії: види та критерії вибору / TRINITI-SB інтернет-магазин системи безпеки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://triniti-sb.com.ua/blog/alternatyvni-dzerela-energii/>.
2. Гончарук Я. Напрями вдосконалення виробництва та переробки продукції АПК на біопаливо / Я.Гончарук, Г.Шевчук // Економіка та суспільство. – 2022. – № 36. DOI: 10.32782/2524-0072/2022-36-8.
3. Напрями вдосконалення вирощування та переробки кукурудзи на біопаливо / І.В. Гончарук, Т.В. Ємчик, І.М. Кутчук та інші // Таврійський науковий вісник. – 2022. – № 125. – С. 25–32. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.125.4
4. Коломієць Т. Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану / Т.Коломієць // Економіка та суспільство. – 2024. – № 63. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-63-55.
5. Кучерук П.П. ТЕО проєктів з виробництва біогазу/біометану / П.П. Кучерук // Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики. – 2024 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/05/8-Kucheruk-TEO.pdf>.

6. Телекало Н.В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель / Н.В. Телекало, І.М. Купчук, Я.В. Гончарук // Аграрні інновації. – 2022. – № 13. – С. 149–154. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.13.23.
7. Фурман І. Управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств / І.Фурман, Д.Ксенчин // Економіка та суспільство. – 2024. – № 59. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-59-44.
8. Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine / G.G. Geletukha, T.A. Zheliezna, S.V. Drahnev, P.P. Kucheruk // Energy Technologies & Resource Saving. – 2023. – Vol. 76. – № 3. – P. 71–82. DOI: 10.33070/etars.3.2023.06.
9. Global Bioenergy Statistics Report. – 11th ed. – WBA, 2024 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.worldbioenergy.org/uploads/241023_GBS_Report.pdf?utm_source=chatgpt.com.
10. World production of biodiesel rises to record level in 2023 / MobilityPlaza [Electronic resource]. – Access mode : https://www.mobilityplaza.org/news/37947?utm_source=chatgpt.com.

References:

1. «Alternatyvni dzherela enerhii: vydy ta kryterii vyboru», *TRINITI-SB internet-mahazyn systemy bezpeky*, [Online], available at: <https://triniti-sb.com.ua/blog/alternatyvni-dzherela-enerhii/>
2. Hontaruk, Ya. and Shevchuk, H. (2022), «Napriamy vdoskonalennia vyrobnytstva ta pererobky produktii APK na biopalyvo», *Ekonomika ta suspilstvo*, No. (36), doi: 10.32782/2524-0072/2022-36-8.
3. Honcharuk, I.V., Yemchuk, T.V., Kupchuk, I.M. et al. (2022), «Napriamy vdoskonalennia vyroshchuvannia ta pererobky kukurudzy na biopalyvo», *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, No. 125, pp. 25–32, doi: 10.32851/2226-0099.2022.125.4
4. Kolomiets, T. (2024), «Rozvytok vyrobnytstva biopalyva v Ukraini pid chas viiskovoho stanu», *Ekonomika ta suspilstvo*, No. 63, doi: 10.32782/2524-0072/2024-63-55.
5. Kucheruk, P.P. (2024), «TEO proektiv z vyrobnytstva biohazu/biometanu», *Prohrama upravlinnia znanniamy dlia rozvytku staloi bioenerhetyky*, [Online], available at: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/05/8-Kucheruk-TEO.pdf>
6. Telekalo, N.V., Kupchuk, I.M. and Hontaruk, Ya.V. (2022), «Efektyvnist vyroshchuvannia ta pererobky ozymoho ripaku na biodyzel», *Ahrarni innovatsii*, No. 13, pp. 149–154, doi: 10.32848/agrar.innov.2022.13.23.
7. Furman, I. and Ksenchyn, D. (2024), «Upravlinnia vyrobnytstvom biohazu z vidkhodiv pidpriemstv APK ta domohospodarstv», *Ekonomika ta suspilstvo*, No. 59, doi: 10.32782/2524-0072/2024-59-44.
8. Geletukha, G.G., Zheliezna, T.A., Drahnev, S.V. and Kucheruk, P.P. (2023), «Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine», *Energy Technologies & Resource Saving*, Vol. 76, No. 3, pp. 71–82, doi: 10.33070/etars.3.2023.06.
9. *Global Bioenergy Statistics Report* (2024), 11th ed., WBA, [Online], available at: https://www.worldbioenergy.org/uploads/241023_GBS_Report.pdf?utm_source=chatgpt.com
10. «World production of biodiesel rises to record level in 2023», *MobilityPlaza*, [Online], available at: https://www.mobilityplaza.org/news/37947?utm_source=chatgpt.com

Олійник Оксана Вікторівна – доктор економічних наук, професор, перший проректор Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-2188-9219>.

Наукові інтереси:

- теорія і методологія економічного аналізу;
- сталий розвиток підприємств;
- ESG-звітність.

Захаров Дмитро Миколайович – доктор філософії, доцент, доцент кафедри інформаційних систем в управлінні та обліку Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3423-0093>.

Наукові інтереси:

- обліково-аналітичне забезпечення управління соціальним капіталом підприємства;
- обліково-аналітична система трансфертного ціноутворення.

Соловей Анастасія Олександрівна – здобувач другого рівня вищої освіти за спеціальністю 071 «Облік і оподаткування» Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- бухгалтерський облік та аналіз інноваційної діяльності підприємства.

Oliinyk O.V., Zakharov D.M., Solovei A.O.**Biofuel production enterprises innovative activities: accounting and analytical support of sustainable development in the circular economy conditions**

The article examines the innovative activities of enterprises in the field of biofuel production in the context of sustainable development and the principles of the circular economy. The study focuses on the growing importance of bioenergy as one of the main directions in overcoming modern energy, environmental, and resource challenges. It is determined that the effective functioning of enterprises in the biofuel sector requires comprehensive accounting and analytical support, which ensures the economic feasibility of innovations, reducing environmental burden and achieving social effect. The need for modernization of accounting systems, considering the environmental component and assessing the effectiveness of innovations based on a system of key indicators (KPI), including economic, environmental, social accounting, and analytical indicators, is identified. Particular attention is paid to implementing Business Intelligence (BI) and Big Data tools to improve the quality of management decisions and reporting transparency. The article provides examples of the implementation of bioenergy projects in Ukraine, particularly regarding bioethanol, biogas, and biomethane production. The potential of Ukraine as an agrarian state in creating an adequate bioenergy infrastructure is demonstrated, considering the available raw material base and geoeconomic prerequisites. The economic feasibility of building biogas plants and the prospects for developing the domestic and export biofuel market are separately analyzed. The need to adapt accounting practices to the requirements of sustainable development is substantiated, particularly the integration of environmental indicators into financial reporting, which allows for practical assessment of innovations in biofuels. The article contains proposals for improving accounting and analytical tools and is relevant for scientists, analysts, and practitioners dealing with energy transformation issues and green economy development.

Keywords: innovation; sustainable development; circular economy; production waste; biofuels; renewable energy sources; resource conservation; ESG.

Стаття надійшла до редакції 12.06.2025.