



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра статистики та математичних методів в економіці
Кафедра економіки, права та управління бізнесом**

Допущено до захисту
Завідувачка кафедри
статистики та ММЕ
Ольвінська Ю.О.

“ ____ ” ^(підпис) ____ 2026 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавра**

**зі спеціальності 051 «Економіка»
за освітньою програмою
«Бізнес-економіка та аналітика»**

**на тему: «Аналіз ринку та перспектив розвитку
біотехнологічного хабу з селекції енергетичних культур для
виробництва біопалива в Україні»**

Виконавець:

студентка центру заочної форми навчання
Гречана Віра Юріївна _____

Науковий керівник:

Старший викладач

Каражия Едуард Андрійович _____

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАБІВ ТА БІОПАЛИВА	6
1.1. Сутність та роль біотехнологічних хабів в економіці	6
1.2. Енергетичні культури як основа виробництва біопалива та його роль	9
1.3. Роль біопалива в енергетичній безпеці країни	12
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПОТЕНЦІАЛУ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ХАБУ В УКРАЇНІ	20
2.1. Сучасний стан ринку біопалива в Україні та аналіз його ресурсного потенціалу	20
2.2. Оцінка існуючих ініціатив і проектів, а також обґрунтування економічної доцільності біотехнологічного хабу	28
2.3. Соціально-економічний ефект для України від розвитку біотехнологічного хабу	37
РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ТА СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ХАБУ	42
3.1. Модель створення та стратегічний аналіз біотехнологічного хабу в Україні	42
3.2. Інвестиційна стратегія створення біотехнологічного хабу	46
3.3. Прогноз економічного впливу та стратегічне значення для України біотехнологічного хабу	50
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку світового господарства характеризується безповоротним переходом до кліматично нейтральної та циркулярної економіки, де ключовим чинником конкурентоспроможності стає декарбонізація промисловості та енергетики. Для України в умовах воєнного стану та масштабної деструкції централізованої енергетичної інфраструктури проблема пошуку альтернативних, відновлюваних та автономних джерел енергозабезпечення набула стратегічного значення. Використання традиційних видів палива супроводжується високою імпортозалежністю та суттєвим фінансовим навантаженням на платіжний баланс держави, тоді як потенціал вітчизняного агропромислового комплексу в контексті біомаси залишається недовикористаним.

У цьому вимірі створення біотехнологічних хабів, орієнтованих на селекцію та переробку енергетичних культур другого покоління (2G), таких як міскантус, світчграс чи енергетична верба, виступає інноваційним рішенням. Модель хабу дозволяє конвертувати понад 1 млн га малопродуктивних та деградованих земель України у високотехнологічний ресурс для виробництва біо-метану та твердого біопалива, забезпечуючи децентралізацію енергосистеми, генерацію валютної виручки та реалізацію зобов'язань держави у межах Європейського зеленого курсу (Green Deal) та європейського плану REPowerEU.

Теоретичні та практичні аспекти розвитку біоекономіки, енергетичної безпеки та функціонування кластерних об'єднань досліджували у своїх працях відомі українські та зарубіжні вчені: Г. Гелетуха, Т. Желєзна, О. Шпичак, В.Трегобчук, М. Зубець, а також представники Біоенергетичної асоціації України (УАБІО). Попри ґрунтовні напрацювання, питання формування організаційної структури біотехнологічних хабів на засадах концепції «Потрійної спіралі» (Triple Helix) та моделювання їхнього макроекономічного ефекту для післявоєнного відновлення України в умовах динамічного європейського законодавства (зокрема Директиви RED III та вуглецевого

квотування СВМ) потребують додаткового дослідження та практичного обґрунтування, що й визначило вибір теми кваліфікаційної роботи.

Об'єкт дослідження – процес формування та розвитку ринку відновлюваних джерел енергії та біотехнологічних інновацій в аграрному секторі економіки України.

Предмет дослідження – організаційно-економічні відносини, стратегічні моделі та інструменти створення біотехнологічного хабу з селекції та глибокої переробки енергетичних культур для забезпечення енергетичної незалежності держави.

Метою кваліфікаційної роботи є теоретичне обґрунтування, аналіз ресурсного потенціалу та розробка комплексної стратегії створення і функціонування біотехнологічного хабу в Україні з оцінкою його макроекономічного ефекту та інвестиційної стійкості.

Для досягнення поставленої мети сформульовано та вирішено такі **завдання**:

- 1) визначити сутність та роль біотехнологічних хабів в економіці;
- 2) проаналізувати роль біопалива в енергетичній безпеці країни та обґрунтувати його значення для стабілізації національного господарства;
- 3) оцінити сучасний стан ринку біопалива в Україні та його ресурсний потенціал в умовах сучасних кризових викликів;
- 4) дослідити існуючі ініціативи і проєкти, а також обґрунтувати економічну доцільність створення інтегрованого біотехнологічного хабу;
- 5) виявити соціально-економічний ефект для України від розвитку біотехнологічного хабу;
- 6) сформувати інвестиційну стратегію створення біотехнологічного хабу;
- 7) спрогнозувати економічний вплив біотехнологічного хабу та надати обґрунтування його стратегічного значення для повоєнного відновлення та євроінтеграції України).

Методи дослідження: метод системного та логічного аналізу; метод порівняння та класифікації; статистико-економічний та трендовий аналіз; інструменти стратегічного менеджменту (SWOT-аналіз, матричне моделювання SMART, концепція Triple Helix); методи інвестиційного аналізу та експертних оцінок (матриця ризиків Impact/Probability); економіко-математичне моделювання та метод мультиплікаторів.

Інформаційною базою дослідження слугували нормативно-законодавчі акти України з питань енергетики та агропромислового комплексу, офіційні матеріали та статистичні збірники Державної служби статистики України, аналітичні звіти Біоенергетичної асоціації України (УАБІО) та Всесвітньої біоенергетичної асоціації (WBA), наукові монографії, статті у періодичних фахових виданнях, матеріали міжнародних науково-практичних конференцій, дані європейських аналітичних платформ (включаючи директиви REPowerEU та RED III), а також фінансово-економічні показники діяльності провідних вітчизняних агрохолдингів.

Практичне значення отриманих результатів визначається прикладним характером розроблених рекомендацій щодо створення біотехнологічного хабу, які орієнтовані на реальний сектор економіки.

Структура роботи: складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел – 39, 12 таблиць, 10 рисунків, робота викладена на 66 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАБІВ ТА БІОПАЛИВА

1.1. Сутність та роль біотехнологічних хабів в економіці

Сучасний етап глобального економічного розвитку характеризується переходом до біоекономіки, де ключовим ресурсом стають знання у сферах живих систем, генетики та молекулярної біології. У центрі цієї трансформації знаходяться біотехнологічні хаби – специфічні форми просторової та функціональної організації інноваційної діяльності, що забезпечують синергію між фундаментальною наукою, високотехнологічним бізнесом та капіталом. Роль таких структур в економіці важко переоцінити, адже вони виступають каталізаторами створення продуктів з високою доданою вартості – це динамічна екосистема, яка об'єднує науково-дослідні інститути, університети, стартапи, великі фармацевтичні або агрохімічні корпорації, сервісні компанії та інвесторів у межах певної локації для прискорення розробки та комерціалізації біотехнологічних рішень. На відміну від традиційних промислових кластерів, хаб фокусується не лише на виробництві, а на повному циклі інновацій: від лабораторної ідеї до виведення готового препарату чи технології на ринок [19].

Економічна сутність хабу базується на концепції «відкритої інновації», де учасники мають спільний доступ до спеціалізованої інфраструктури (лабораторій високого рівня безпеки, центрів обробки біо-даних, біо-банків). Це дозволяє малим стартапам мінімізувати капітальні витрати на старті, а великим гравцям – отримувати доступ до проривних досліджень. Хаб виконує роль інтегратора, що згладжує бар'єри між академічним середовищем і реальним сектором економіки, вирішуючи проблему «долини смерті» – етапу, на якому більшість наукових розробок гине через брак фінансування або неможливість масштабування.

Світова біотехнологічна індустрія зберігає позитивну динаміку розвитку, зумовлену посиленням уваги до принципів ESG та довгостроковими наслідками

пандемії. ESG-фактори – це сукупність екологічних, соціальних та управлінських стандартів, які визначають рівень відповідальності бізнесу перед планетою і суспільством та є ключовим орієнтиром для сучасних інвесторів [36].

Ці інвестиції у біо-технології представлено у домінуючих регіонах на Рис.1.1., де загальна сума на 2023 рік сягає 1,4 трлн дол. США.



Рис. 1.1. Світовий біотехнологічний ринок за географічними регіонами, 2023 рік

Джерело: побудовано автором за даними [36]

Аналіз глобального досвіду дозволяє виокремити дві домінуючі моделі розвитку біотехнологічних хабів, які демонструють різні підходи до стимулювання інновацій: американську та європейську.

Нижче наведено порівняння двох ключових підходів до організації інноваційних екосистем у сфері біотехнологій, винесено у Таблицю 1.1.

Таблиця 1.1.

Порівняльна характеристика світових моделей функціонування
біотехнологічних хабів

Критерій порівняння	Американська модель (США)	Європейська модель (ЄС)
Джерела фінансування	Домінування приватного венчурного капіталу. Висока частка IPO (первинного публічного розміщення акцій) та приватних інвестиційних фондів. Гранти (наприклад, NIH) складають базу, але комерціалізація йде за приватні кошти.	Змішане фінансування з акцентом на державні та наддержавні гранти (програми Horizon Europe). Менша активність приватних венчурних інвесторів порівняно з США, висока роль банківського кредитування.
Роль держави	Створення ліберальних умов для бізнесу, захист прав інтелектуальної власності та фінансування фундаментальної науки. Держава виступає як «регулятор» та замовник кінцевого продукту (через держзакупівлі).	Пряма участь у формуванні інфраструктури хабів. Держава виступає як «стратег» та «партнер», що бере на себе частину ризиків через створення технопарків та центрів трансферу технологій.
Фокус досліджень	Максимальна орієнтація на ринковий успіх та проривні інновації (High-risk, High-reward). Пріоритет – біофармацевтика, генна терапія та персоналізована медицина з високим комерційним потенціалом.	Орієнтація на соціально значущі проекти, екологічну стійкість (Green Biotech) та сталий розвиток. Значна увага приділяється агробіотехнологіям, промисловій біотехнології та біоетичним стандартам.

Джерело: складено автором на основі аналізу світових моделей інноваційного розвитку [3]

Враховуючи прогнози зростання світового ринку біотехнологій CAGR на рівні 12-26% до 2030 року (Рис. 1.2), біотехнологічні хаби стають фундаментом для забезпечення національної безпеки – як від продовольчої (через агробіотехнології), так й до медичної (розробка вакцин та персоналізована терапія) [26].

Для економіки держав, що розвиваються, створення таких хабів є шансом на технологічний стрибок («leapfrogging»), оскільки біотехнології дозволяють створювати конкурентний експортний продукт не за рахунок дешевої робочої сили, а завдяки інтелектуальному капіталу.

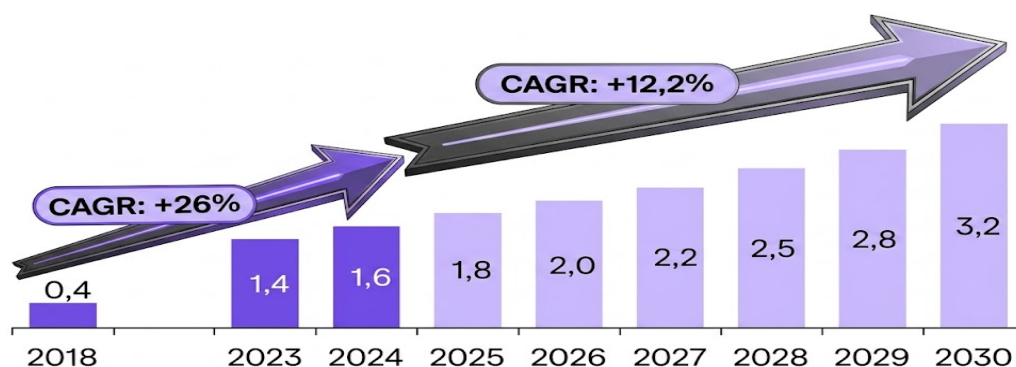


Рис. 1.2. Динаміка та прогноз світового ринку біотехнологій, трлн. дол. США
Джерело: побудовано автором за даними [26]

Таким чином, біотехнологічний хаб є не просто географічним об'єднанням компаній, а складною економічною структурою, що трансформує науковий потенціал у ринкові активи. Вибір конкретної моделі функціонування залежить від національних особливостей фінансової системи та зрілості інноваційної екосистеми, проте спільним для всіх успішних хабів залишається забезпечення тісного зв'язку між «ідеєю», «інструментами її реалізації» та «ринком».

1.2. Енергетичні культури як основа виробництва біопалива та його роль

У контексті глобального енергетичного переходу до «зеленої» енергетики та посилення вимог до екологічної безпеки, фітоенергетика стає одним із найбільш перспективних напрямів відновлюваної енергетики. Використання енергетичних культур як сировинної бази для виробництва біопалива дозволяє не лише знизити залежність від викопних ресурсів, а й суттєво зменшити викиди парникових газів у процесі їхнього життєвого циклу. Енергетичні культури – це спеціально відібрані види рослин, що характеризуються швидким накопиченням біомаси та високим енергетичним виходом з одиниці площі [5].

Сучасна класифікація енергетичних культур базується на їхньому біологічному складі та типі палива, яке можна отримати в процесі переробки. Їх прийнято поділяти на три основні групи: крохмалевмісні та цукристі (для біоетанолу), олійні (для біодизелю) та лігноцелюлозні (для твердого біопалива та синтез-газу) [30].

Розглянемо рослини ширше:

1) Міскантус (*Miscanthus giganteus*) є однією з найбільш ефективних багаторічних лігноцелюлозних культур. Це трав'яниста рослина з C4-типом фотосинтезу, що забезпечує надзвичайно високу продуктивність. Його перевага полягає у здатності рости на малопродуктивних землях протягом 20-25 років без щорічного переорювання ґрунту. Міскантус має високу теплотворну здатність, що робить його ідеальною сировиною для виробництва паливних пелет та брикетів.

2) Енергетична верба (*Salix*) відноситься до швидкорослих деревних культур. Завдяки здатності до інтенсивного відновлення після зрізання, плантації верби можуть експлуатуватися до 25-30 років із циклом збору врожаю кожні 2-3 роки. Окрім енергетичної цінності, верба виконує важливу фіторе mediaційну функцію, очищуючи ґрунти від важких металів та надлишку добрив.

3) Ріпак традиційно є основною сировиною для виробництва біодизелю (метилових ефірів жирних кислот) у країнах ЄС та Україні. Це однорічна олійна культура з високим вмістом ліпідів у насінні. Попри високі вимоги до якості ґрунтів та волог, ріпак залишається економічно привабливим завдяки відпрацьованим технологіям переробки та можливості використання побічних продуктів (шроту) у тваринництві.

4) Кукурудза виступає ключовою культурою для виробництва біоетанолу та біогазу. Високий вміст крохмалю в зерні та значний обсяг вегетативної маси дозволяють отримувати високий вихід палива. У виробництві біогазу кукурудзяний силос вважається еталонним субстратом завдяки стабільному виходу метану та високій енергемісткості.

Ефективність вирощування енергетичних культур визначається балансом між біологічним потенціалом рослини та економічними витратами на її культивування. Для порівняльного аналізу доцільно згрупувати їхні характеристики у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Порівняльна характеристика основних енергетичних культур

Культура	Тип палива	Цикл вирощування	Врожайність (т/га сухої маси)	Енергетичний вихід (ГДж/га)	Економічна специфіка
Міскантус	Тверде (пелети)	Багаторічний (20+ років)	15-25	250-450	Високі капітальні витрати на закладку, низькі щорічні витрати.
Енергетична верба	Тверде (тріска)	Багаторічний (25 років)	10-18	180-320	Потребує спеціалізованої техніки для збирання та вологих ґрунтів.
Ріпак	Рідке (біодизель)	Однорічний	3-4 (насіння)	60-80	Висока ліквідність на ринку, але виснажує ґрунти.
Кукурудза	Біоетанол, біогаз	Однорічний	10-15 (зерно/силос)	150-220	Конкуренція з харчовим сектором, високі витрати на добрива.

Джерело: розроблено автором за даними [30]

З економічного погляду, перехід на енергетичні культури дозволяє диверсифікувати аграрне виробництво. Особливу роль відіграють багаторічні культури (міскантус, верба), оскільки вони можуть залучати у господарський обіг деградовані або малопродуктивні землі, які не придатні для вирощування продовольчих культур. Це знімає етичну дилему «їжа чи паливо», яка тривалий час стримувала розвиток біоенергетики.

Окрім прямого отримання енергії, вирощування цих культур забезпечує депонування вуглецю (carbon sequestration). Багаторічні насадження формують потужну кореневу систему, яка накопичує органічний вуглець у ґрунті, сприяючи боротьбі з глобальним потеплінням.

Розвиток біотехнологічних хабів є критичним для цього сегменту, оскільки саме вони забезпечують розробку нових сортів із підвищеною стійкістю до посух та оптимізацію ферментаційних процесів для переробки целюлози. Таким чином, енергетичні культури є не просто сировиною, а високотехнологічним інструментом сталого розвитку, що інтегрує сільське господарство в енергетичну систему держави.

1.3. Роль біопалива в енергетичній безпеці країни

Україна володіє колосальним природно-ресурсним потенціалом для інтенсифікації сектору відновлюваної енергетики, що обумовлено сприятливими вітровими характеристиками, високим рівнем інсоляції та значним обсягом біомаси, яка генерується аграрним сектором. У передвоєнний період вітчизняна «зелена» енергетика демонструвала одні з найвищих темпів розвитку у світі: зокрема, станом на 2019 рік країна посідала шосте місце за рівнем інвестиційної привабливості галузі та входила до топ-10 держав за динамікою впровадження нових потужностей. Загальний обсяг капіталовкладень у цей напрям за останнє десятиліття перевищив 12 млрд дол. США, що дозволило до 2022 року довести частку альтернативної генерації в загальній енергосистемі до 8,1% [28].

У 2023 році питома вага ВДЕ у структурі вітчизняного виробництва електроенергії (з урахуванням великих ГЕС) продемонструвала суттєвий стрибок, досягнувши 22% (Рис.1.3).

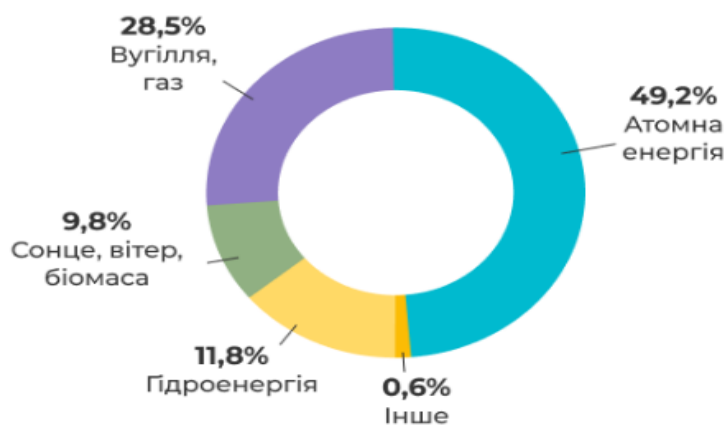


Рис. 1.3. Структура джерел енергії в Україні, 2023 р.

Джерело: побудовано автором за даними [28]

Хоча цей показник все ще поступається середньоєвропейському рівню (42%), така тенденція свідчить про глибоку структурну перебудову енергетичного сектору України та його поступову інтеграцію до європейських стандартів сталого розвитку (Див. Рис.1.4).

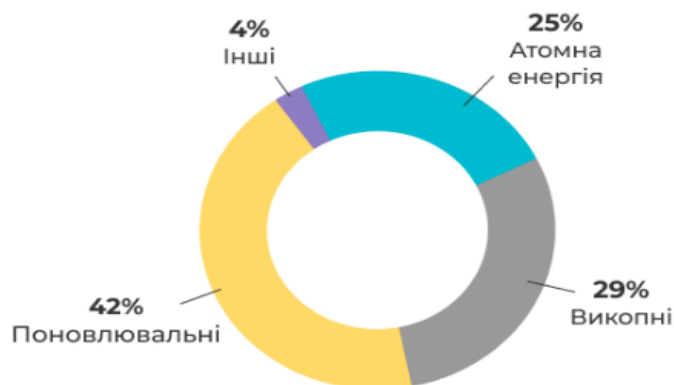


Рис. 1.4. Структура джерел енергії в Європі, 2023 р.

Джерело: побудовано автором за даними [28]

Україна традиційно залежить від зовнішніх поставок енергії, залишаючись переважно імпортером ресурсів, проте структура та обсяги імпорту зазнали кардинальних змін під впливом війни та глобальних криз. Якщо до 2022 року значна частка енергоносіїв (зокрема дизельного пального та скрапленого газу)

надходила з рф та рб, то після початку повномасштабного вторгнення відбулася повна перебудова логістики на західні кордони.

Нижче на Рис. 1.5 наведено аналітичні дані щодо витрат на імпорт основних видів палива.

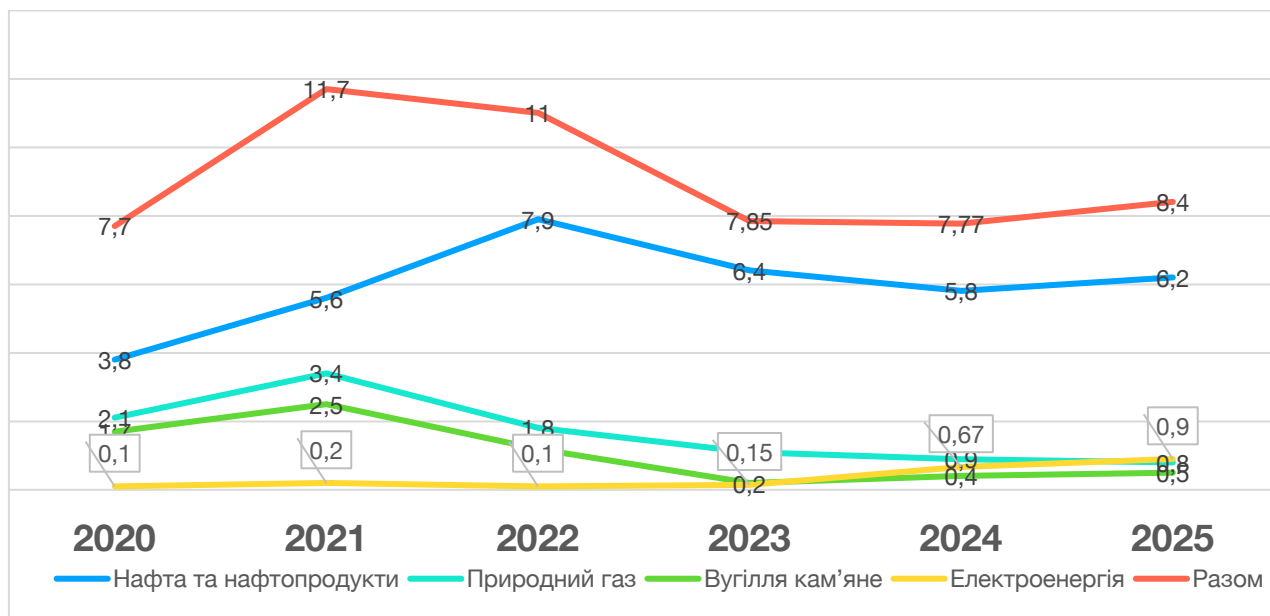


Рис. 1.5. Динаміка витрат на імпорт паливно-енергетичних товарів в Україну (млрд дол. США), 2020-2025 рр.

Джерело: побудовано автором за даними Держстат України [29]

Як бачимо з Рис. 1.5. – зниження витрат на газ у 2022-2024 рр. зумовлене падінням промислового споживання всередині України та переходом на власні запаси, проте витрати на світлі нафтопродукти та імпортну електроенергію (для стабілізації мережі) суттєво зросли.

Однак, попри загальне скорочення споживання, Україна продовжує витрачати від 7 до 9 млрд дол. США щороку на закупівлю палива. Саме цей обсяг валютних коштів є потенціалом для заміщення вітчизняним біопаливом.

Додатковим викликом для енергетичної безпеки України та світу у 2026 році став масштабний військовий конфлікт на Близькому Сході за участю Ірану. Ця подія спровокувала найсерйознішу енергетичну кризу з часів 1970-х років через часткове блокування Ормузької протоки – ключової артерії, через яку

проходить близько 20% світового обсягу нафти та зрідженого природного газу (ЗПГ).

Вплив на світ:

- ціновий шок: світові ціни на нафту марки Brent у квітні-травні 2026 року перетнули позначку у 110-120 дол. США за барель;
- зростання вартості страхування танкерів та необхідність зміни маршрутів навколо Африки призвели до затримок у постачанні палива в Європу, що вже спричинило значний логістичний колапс;
- країни ЄС були змушені різко активізувати програми розвитку альтернативних джерел, щоб компенсувати дефіцит іранської та близькосхідної нафти.

Для України іранська криза має критичні наслідки. Оскільки країна на 90% залежить від імпорту світлих нафтопродуктів (бензину та дизелю) з європейських НПЗ, будь-яке здорожчання сирової нафти на світовому ринку миттєво відбивається на ціні палива на українських АЗС. За оцінками експертів, кожен стрибок ціни на нафту на 10 дол. США додає до 2-3 грн за літр пального в Україні, що створює інфляційний тиск на всі групи товарів.

В умовах, коли традиційні енергоринки залишаються заручниками геополітики, роль біопалива (біо-дизелю з ріпаку, біоетанолу з кукурудзи та твердого палива з міскантусу) стає безальтернативною. Перехід на власну біоенергетичну сировину дозволяє Україні:

1) в умовах девальваційного тиску імпорт енергоресурсів стає критично обтяжливим для бюджету, тому заміщення 20% імпортного дизелю паливом власного виробництва дозволить уникнути вимивання 1,2 млрд дол. США щорічно. Це не лише підтримає стабільність національної валюти, а й забезпечить державі сталі надходження від акцизів та ПДВ, які генеруватимуться всередині країни, а не сплачуватимуться іноземним постачальникам;

2) забезпечення армії та агросектору власними потужностями з виробництва біо-дизелю гарантують стабільність посівних кампаній та логістики ЗСУ, навіть у разі повного блокування імпорту;

3) локальне виробництво біо-енергії робить внутрішню економіку менш вразливою до конфліктів у таких нафтодобувних регіонах, як Перська затока;

4) фіскальні інструменти декарбонізації з обмеженням доступу на ринок ЄС для продукції з традиційної сировини через систему додаткових пошлин, що робить перехід на відновлювані джерела енергії економічно необхідним.

Таким чином, біопаливо перестає бути просто частиною «зеленої» повістки, стаючи критичним елементом системи національної оборони та енергетичної незалежності України в умовах глобального воєнного та економічного протистояння.

У сучасних умовах глобальної нестабільності та необхідності швидкої післявоєнної відбудови, створення біотехнологічних хабів в Україні набуває статусу стратегічного національного проєкту. Такі структури є не просто інфраструктурними об'єктами, а центрами формування «економіки знань», що дозволяють інтегрувати науковий потенціал у реальний сектор. Значення біотехнологічних хабів для України розкривається через чотири фундаментальні вектори: зміцнення енергетичної незалежності, структурну диверсифікацію економіки, модернізацію агропромислового комплексу та забезпечення довгострокового екологічного ефекту.

По-перше, енергетична незалежність через біотехнологічну трансформацію. Для України, де питання енергетичного суверенітету є питанням національного виживання, біотехнологічні хаби виступають головними розробниками технологій переробки біомаси. Наукові дослідження підтверджують, що Україна здатна замінити до 10-15 млрд м³ природного газу на рік шляхом використання аграрних відходів та енергетичних культур [32].

Роль хабів у цьому процесі полягає у переході від спалювання біомаси до її високоефективної ферментації. Хаби зосереджують у собі лабораторії генетики мікроорганізмів, які розробляють специфічні ферментні комплекси для підвищення виходу біо-метану. Це дозволяє створювати локальні енергетичні

кластери, де біотехнологічний хаб надає технологію, а навколишні фермерські господарства – сировину. Такий підхід мінімізує витрати на транспортування енергії та робить громади стійкими до централізованих енергетичних криз та зовнішніх шоків на ринку нафти й газу.

По-друге, диверсифікація економіки та подолання сировинної моделі. Україна тривалий час функціонувала як експортер аграрної та металургійної сировини, що робило її економіку вразливою до коливань світових цін. Розвиток біотехнологічних хабів є ключем до диверсифікації промислового виробництва через створення продуктів з високою доданою вартістю.

Замість експорту фуражного зерна, хаби дозволяють впроваджувати технології глибокої переробки кукурудзи та пшениці для виробництва:

- амінокислот та вітамінів для глобального фармацевтичного ринку;
- біопластиків (PLA, PHA), попит на які у світі зростає на 20% щорічно;
- компонентів для харчової промисловості з пребіотичними властивостями.

Економічний ефект полягає у зміні структури експорту: вартість тони продукції глибокої біотехнологічної переробки може бути у 10-50 разів вищою за вартість тони зернової сировини. Таким чином, хаби стають драйверами індустріалізації 4.0, залучаючи в країну венчурний капітал та створюючи високооплачувані робочі місця для науковців і менеджерів.

По-третє, модернізація агросектору: від «комор світу» до «лабораторії світу». Значення біотехнологічних хабів для агросектору України виходить за межі простої переробки. Це, перш за все, центр розробки адаптивних біотехнологій. Враховуючи кліматичні зміни та погіршення стану ґрунтів, хаби забезпечують аграріїв наступними рішеннями:

- прецизійна селекція для сортів енергетичних культур (міскантусу, верби), адаптованих до специфічних типів українських ґрунтів, зокрема малопродуктивних та солончакових земель;

– заміна синтетичних добрив та пестицидів мікробіологічними інокулянтами. Це знижує собівартість агропродукції та відкриває для українських фермерів ринки органічної продукції ЄС;

– управління відходами: хаби розробляють циклічні моделі, де відходи тваринництва стають субстратом для вирощування кормового білка або добрив, що закриває виробничий цикл у межах одного господарства.

Це стимулює перехід агросектору від екстенсивного шляху розвитку до інтенсивного, де прибуток генерується не за рахунок розширення площ посіву, а завдяки інтелектуальному управлінню біологічними процесами.

По-четверте, екологічний ефект та декарбонізація. У контексті зобов'язань України щодо «Європейського зеленого курсу» (European Green Deal), біотехнологічні хаби є основним інструментом досягнення вуглецевої нейтральності. Наукові статті у збірниках з екологічного менеджменту виділяють три рівні екологічного впливу хабів:

1) зниження викидів CO₂ – заміна викопного палива біопаливом другого та третього поколінь забезпечує замкнений вуглецевий цикл;

2) біо-ремедіація – хаби можуть розробляти специфічні штами бактерій та рослини для очищення земель, водних ресурсів, забруднених внаслідок бойових дій (залишки паливно-мастильних матеріалів, продукти розпаду боєприпасів);

3) мінімізація пластикового забруднення, завдяки розробці технологій виробництва біо-деградабельної упаковки з аграрних відходів, дозволяє розв'язати проблему утилізації сміття на муніципальному рівні [2-5].

Екологічний ефект має і пряме економічне вимірювання – він дозволяє українським експортерам уникати додаткового оподаткування за механізмом СВМ (Carbon Border Adjustment Mechanism) при постачанні товарів до ЄС.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз сутності біотехнологічних хабів дозволяє визначити їх як цілісні інноваційні екосистеми, що забезпечують синергію між наукою,

капіталом та виробництвом, де порівняльний аналіз світових моделей виявив переваги американського венчурного драйву та європейського державно-приватного партнерства як базису для формування стратегії розвитку галузі.

2. Огляд імпорту енергоносіїв на тлі глобальних потрясінь, чітко вказує: біопаливо більше не є просто альтернативою. Сьогодні це стратегічний крок для захисту нашої енергосистеми. Власне виробництво пального дозволяє децентралізувати енергопостачання та, що найважливіше, зупинити відтік валюти за кордон, захищаючи гривню від зовнішніх шоків.

3. Розкрито стратегічне значення біотехнологічних хабів для України, яке полягає у переході від сировинної моделі економіки до глибокої переробки біомаси, що одночасно стимулює інноваційний розвиток агросектору, забезпечує декарбонізацію згідно з вимогами European Green Deal та створює умови для стійкого екологічного ефекту.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПОТЕНЦІАЛУ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ХАБУ В УКРАЇНІ

2.1. Сучасний стан ринку біопалива в Україні та аналіз його ресурсного потенціалу

Аналіз поточного стану вітчизняного ринку біопалива у 2026 році, здійснений у першому розділі нашої роботи, свідчить про те, що галузь остаточно вийшла за межі «експериментального» сектору і стала повноцінним гравцем енергетичного балансу держави. Якщо ще кілька років тому біоенергетика сприймалася як нішевий додаток до великої генерації, то сьогодні, під тиском воєнних реалій та глобального тренду на декарбонізацію, вона перетворилася на фундамент енергетичної стійкості територіальних громад та аграрного бізнесу.

Сучасна архітектура виробників біопалива в Україні представлена трьома основними ешелонами. До першого належать вертикально-інтегровані агрохолдинги («МХП», «Астарта-Київ», «Галс Агро»), які не просто вирощують сировину, а й замкнули цикл виробництва біогазу та біо-метану. Для таких компаній біопаливо – це спосіб радикального зниження собівартості основної продукції за рахунок заміщення дорогого імпортного газу власним енергоресурсом [34].

Детальніше про загальну кількість сільськогосподарських компаній, що виробляють сировину для виробництва біо-дизелю, представлено на Рис. 2.1.

Другий сегмент – це спеціалізовані заводи з виробництва паливних пелет та брикетів. Тут домінує малий та середній бізнес, зосереджений переважно в лісистих та аграрних регіонах (Волинь, Житомирщина, Черкащина). Цікавим трендом 2025-2026 років стала переорієнтація цих підприємств з експорту до ЄС на внутрішній муніципальний ринок, оскільки попит з боку українських ОТГ на альтернативне опалення значно зріс.



Рис. 2.1 - Кількісний розподіл сільськогосподарських компаній в розрізі областей України

Джерело: *YC.Market станом на 20.11.2025 р. [38]*

Третій ешелон – це інноваційні біотехнологічні майданчики, що спеціалізуються на рідкому біопаливі (біоетанолі та біодизелі). Згідно з даними моніторингу YouControl, у 2026 році в Україні активізувалися понад 15 потужних підприємств, що працюють на базі колишніх цукрових та спиртових

заводів. Вони забезпечують часткове виконання законодавчої норми щодо обов'язкового вмісту біокомпонентів у моторному пальному [33].

На Рис. 2.2 представлено графічно розподіл міст України за кількістю сільськогосподарських компаній, що виробляють сировину для виробництва біодизелю.



Рис. 2.2 - ТОП-10 міст України для будівництва мережі біо-дизельних заводів

Джерело: UC.Market станом на 20.11.2025 р. [38]

Статистика Держенергоефективності та Біоенергетичної асоціації України (UABIO) вказує на те, що динаміка виробництва демонструє стабільний висхідний тренд, попри логістичні та безпекові виклики:

1) тверде біопаливо: виробництво пелет та брикетів у 2025 році стабілізувалося на рівні близько 2,5-2,8 млн тонн на рік. Важливо зазначити, що частка споживання всередині країни вперше перевищила 55%, що вказує на ефективність програм заміщення газу в бюджетній сфері;

2) біогаз та біо-метан: Україна впевнено закріпилася у статусі «біо-метанового хабу» Східної Європи. У 2026 році сумарна потужність біо-метанових заводів, підключених до газотранспортної системи, дозволяє заміщувати понад 1,5 млрд м³ природного газу щороку;

3) рідке біопаливо: обсяги виробництва біо-етанолу демонструють приріст на рівні 12% щорічно. Це зумовлено адаптацією аграріїв до надлишків зернової кукурудзи, переробка якої на енергоносії стала більш рентабельною, ніж складний експорт через блоковані чи перевантажені порти [25].

Споживання біопалива в Україні сьогодні чітко сегментоване: промислові гіганти переходять на біо-метан для збереження конкурентоспроможності експорту в ЄС (з урахуванням податку СВМ), а комунальний сектор масово інтегрує твердопаливні котельні для мінімізації ризиків під час опалювального сезону.

Вітчизняна нормативно-правова база демонструє суттєве наближення до європейських стандартів у сфері відновлюваної енергетики. Зокрема, Україна здійснила вагомі кроки щодо імплементації положень Директиви (ЄС) 2018/2001, спрямованої на активізацію використання альтернативних джерел енергії. Окрім цього, ведеться планомірна робота з адаптації оновлених вимог Директиви (ЄС) 2023/2413, яка внесла корективи до Регламенту (ЄС) 2018/1999 та Директиви 98/70/ЄС. Ці законодавчі зміни не лише сприяють популяризації «зеленої» генерації, а й остаточно скасовують застарілі норми, що діяли згідно з Директивою Ради (ЄС) 2015/652, забезпечуючи інтеграцію України в енергетичний простір Євросоюзу [1].

Правове поле у 2026 році зазнало фундаментальних трансформацій, ставши більш гармонізованим із нормами Європейського Союзу. Ключовою подією стало повноцінне функціонування реєстру гарантій походження відновлюваних газів, що дозволило українським виробникам верифікувати свій продукт як «зелений» на міжнародному рівні.

Серед основних законодавчих важелів варто виділити:

- Постанова Кабміну: «Про затвердження Програми розвитку виробництва біо-метану на період до 2035 року та операційного плану заходів з її виконання» [1];
- Закон про обов'язковість біо-палива в транспорті: встановлення чітких квот на додавання біо-компонентів у бензин та дизель стимулювало нафтотрейдерів до підписання довгострокових контрактів з українськими виробниками біо-етанолу;
- спрощення дозвільних процедур: завдяки ініціативам Держенергоефективності, термін погодження проектів з будівництва біо-газових установок скоротився майже вдвічі, що суттєво знизило поріг входу для нових інвесторів;
- податкові стимули: діють пільги на імпорт високотехнологічного обладнання для біо-енергетики, яке не виробляється в Україні, що дозволило провести модернізацію багатьох застарілих потужностей.

Варто резюмувати, що у 2026 році український ринок біопалива трансформувався у стратегічний сектор енергонезалежності, де пріоритетом бізнесу стало пряме заміщення імпорту власною сировиною. Ключовим інструментом розвитку стала Постанова КМУ № 514, яка прирівняла біометан до природного газу, а запроваджений Держенергоефективності (SAEE) реєстр гарантій походження дозволив цифровізувати та верифікувати «зелений» статус палива. Згідно зі стратегією UA BioTech, це інтегрувало українські мережі в енергопростір ЄС, перетворивши декарбонізацію на реальний фінансовий важіль: через використання біо-метану виробники не лише знижують собівартість енергії, а й отримують нульову ставку вуглецевого мита (CBAM)

при експорті агропродукції, забезпечуючи собі безперешкодний доступ на ринки Євросоюзу. Таким чином, ринок біо-палива став фундаментом для «зеленого» відновлення України, поєднуючи інтереси агросектору, територіальних громад та міжнародних інвесторів [1, 25, 26].

Формування стійкого біотехнологічного сектору в Україні опирається на унікальне поєднання природно-кліматичних факторів та історично сильної наукової школи.

Україна володіє найбільшим у Європі фондом сільськогосподарських угідь, проте в контексті вирощування енергетичних культур ключовим ресурсом стає не родючий чорнозем, а землі, що виведені з інтенсивного обробітку. За даними Держстату та оновленого Земельного кадастру 2026 року, загальна площа малопродуктивних, еродованих та техногенно забруднених земель перевищує 4 млн гектарів [29].

Використання цього земельного фонду для потреб біоенергетики вирішує стратегічне завдання:

- відсутність конкуренції з продовольчим сектором, відтак енергетичні культури (міскантус, верба, свічграс) висаджуються на землях, де вирощування пшениці чи соняшнику є економічно недоцільним;
- фітореMediaція – коли багаторічні біоенергетичні насадження здатні відновлювати структуру ґрунту та витягувати важкі метали, що є критично важливим для територій, які постраждали від бойових дій;
- для територіальних громад оренда земель під біотехнологічні хаби – це перехід до моделі енергетичного самозабезпечення. Громади отримують не лише стабільну оренду та ПДФО від нових робочих місць, а й дешеве тепло для комунальних закладів (шкіл, лікарень) від когенерації. Такі проєкти роблять громади автономними під час блекаутів та залучають «зелені» інвестиції в депресивні сільські регіони, де не проходять військові дії.

Кліматичний фактор у 2026 році розглядається через призму глобального потепління, яке, попри негативні наслідки для традиційного землеробства, створює певні вікна можливостей для біоенергетики. Сучасні кліматичні моделі

вказують на зміщення агрокліматичних зон України на північ, що розширює географію вирощування теплолюбних енергетичних культур.

Основні параметри, що сприяють розвитку галузі:

1) збільшення тривалості вегетаційного періоду дозволяє отримувати вищу врожайність біомаси міскантусу та сорго, особливо у центральних та північних регіонах;

2) хоча південні регіони страждають від посухи, Полісся та Західна Україна залишаються оптимальними зонами для вирощування енергетичної верби, яка потребує високого рівня ґрунтових вод;

3) високий рівень сонячної радіації сприяє не лише розвитку фотовольтаїки, а й інтенсивному фотосинтезу в енергетичних посівах, що безпосередньо впливає на швидкість накопичення вуглецю в рослинах.

У таблиці 2.1 представлено територіальну диференціацію ресурсного потенціалу України.

Таблиця 2.1.

Порівняльний аналіз природно-ресурсного потенціалу регіонів України
для вирощування енергетичних культур

Природно-кліматична зона	Рекомендовані енергетичні культури	Середня врожайність сухої біомаси (т/га)	Основні переваги регіону	Рівень інвестиційної привабливості
Полісся (Північ)	Енергетична верба, тополя, міскантус	18-22	Високий рівень природного зволоження, наявність значних площ малопродуктивних та перезвожених земель.	Високий (через низьку конкуренцію з агрокультурами)
Лісостеп (Центр та Захід)	Міскантус, кукурудза (силос), енергетичне сорго	20-25	Оптимальний баланс суми активних температур та опадів. Розвинена мережа переробних підприємств та біотехнологічних хабів.	Дуже високий (найкраща інфраструктура)
Степ (Південь та Схід)	Енергетичне сорго, світличас, ріпак	12-16	Висока інсоляція. Пріоритетність відновлення деградованих земель	Середній (обмежений ризиками посухи)

			бойові дії земель та використання солестійких культур.	
Карпатський регіон	Енергетична верба, деревна біомаса	15-18	Сприятливі умови для розвитку малої біоенергетики в умовах гірської місцевості, висока самовідновлюваність лісових ресурсів.	Високий (для локальних енергетичних громад)

Джерело: розроблено автором за даними [16]

Як свідчать дані Таблиці 2.1, найбільш перспективною зоною для промислового вирощування багаторічних лігно-целюлозних культур залишається Полісся, де за рахунок природних умов досягається стабільна врожайність верби та тополі без необхідності зрошення. Лісостеп виступає стратегічним центром для високотехнологічної переробки, оскільки саме тут зосереджені найбільші обсяги аграрної біомаси та розвинена логістична мережа.

Незважаючи на нижчі показники врожайності в зоні Степу, цей регіон має критичне значення в контексті Стратегії розвитку біоекономіки до 2030 року як полігон для впровадження технологій фіторемедіації та декарбонізації енергетики на деокупованих територіях. Специфіка 2026 року полягає у зміщенні інтересу інвесторів до стійких «сухих» культур (світчграс), які здатні давати стабільний енергетичний вихід навіть за умов дефіциту вологи.

Така регіональна диференціація дозволяє формувати в Україні розгалужену мережу біотехнологічних кластерів, кожен з яких спеціалізується на тій сировині, яка є найбільш доцільною з погляду локальної екології та економіки.

Найважливішим компонентом ресурсного потенціалу України є інтелектуальна база. Відповідно до державних програм підтримки інновацій, у 2025-2026 роках відбулася реорганізація низки наукових інститутів у форматі відкритих лабораторій та R&D-центрів.

Структура наукового потенціалу включає:

- провідну роль у фундаментальних розробках відіграють Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН та Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного. Тут ведеться робота над створенням нових сортів-гібридів, стійких до екстремальних температур, та розробкою високоефективних штамів бактерій для біо-газових установок;
- створювані біотехнологічні хаби виконують функцію «містка» між лабораторією та бізнесом. Вони забезпечують випробування технологій глибокої переробки лігно-целюлозної сировини (целюлози) на біоетанол другого покоління;
- цифровізація та моніторинг із застосуванням супутникових даних та ШІ для прогнозування врожайності енергетичних культур дозволяє мінімізувати інвестиційні ризики [25].

Варто резюмувати, що Україна має не просто «сировинний придаток», а комплексну ресурсну базу. Об'єднання земельного фонду, адаптивних кліматичних умов та потужної наукової школи створює унікальний синергетичний ефект, який за умови належного інвестування дозволить реалізувати амбітні цілі Стратегії біоекономіки до 2030 року.

2.2 Оцінка існуючих ініціатив і проектів, а також обґрунтування економічної доцільності біотехнологічного хабу

Практична реалізація біотехнологічного потенціалу України у 2026 році перейшла від стадії поодиноких пілотних запусків до формування повноцінних промислових ланцюгів. Оцінка поточних ініціатив дозволяє виокремити два ключові вектори розвитку: модернізацію традиційних біоенергетичних підприємств та запуск високотехнологічних інноваційних агропроектів, що орієнтовані на глибоку переробку сировини.

Сучасний ландшафт біоенергетичних підприємств України демонструє стійку тенденцію до універсалізації. Якщо раніше більшість об'єктів спеціалізувалися виключно на виробництві електричної енергії за «зеленим

тарифом», то у 2026 році акцент змістився на виробництво біо-метану та теплової енергії для локальних мереж. Представимо статистику у Табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Трансформація структури біоенергетичних об'єктів України

Показник	Період «Зеленого тарифу» (до 2022 р.)	Сучасний стан (2026 р.)
Основний продукт	Електрична енергія (85-90%)	Біометан (LBG/Bio-CNG), Електроенергія, Тепло
Цільова модель	Продаж у мережу ДП «Гарантований покупець»	Енергоавтономність та експорт у ЄС
Використання тепла	Низьке (скидання в атмосферу до 60%)	Високе (локальні мережі, сушіння зерна, дигестат)
Юридичний статус	Виробник відновлюваної енергії	Енерго-біотехнологічний кластер
Частка біометану в ГТС	Поодинокі пілотні проєкти	Понад 50 діючих підключень до мережі
Додатковий дохід	Відсутній	Продаж Гарантій походження та дигестату
Вплив на експорт	Нейтральний	Уникнення СВАМ (нульове вуглецеве мито)

Джерело: складено автором на основі [25, 36-37]

Отже, згідно Табл. 2.2 маємо такі ключові цифри трансформації на 2026 р.:

- коефіцієнт використання палива (КВП) зріс із 35% (тільки електрика) до 85-90% завдяки повній утилізації тепла та виробництву біометану;
- пряме заміщення природного газу власним біометаном знижує енерговитрати агропідприємств у середньому на 25-30%;
- 100% об'єктів 2026 року інтегровані в систему моніторингу SAEE, що дозволяє автоматично генерувати звіти для європейських партнерів.

Згідно з моніторингом UABIO, найбільш успішними ініціативами є проєкти компаній «Галс Агро» та «МХП», які успішно інтегрували біогазові установки у свої виробничі цикли. Особливої уваги заслуговують наступні аспекти їхньої діяльності:

- інтеграція в газотранспортну систему (ГТС) – це перші біометанові заводи, запущені в Чернігівській та Вінницькій областях, стали еталонними кейсами. Вони довели можливість очищення біогазу до якості природного газу

та його прямої закачування в мережу, що забезпечує енергетичну автономність цілих районів;

– сучасні підприємства розглядають дигестат (біомаса рідкої чи напіврідкої консистенції, яка залишається після безкисневого розкладання органіки під час генерації біогазу) не як відходи, а як комерційний продукт. Використання рідких та твердих фракцій дигестату дозволяє агропідприємствам повністю відмовитися від імпортованих мінеральних добрив, що особливо критично в умовах коливання світових цін на аміак;

– у Західних регіонах країни (зокрема на Житомирщині та Львівщині) активізувалися проекти з переведення комунальних котелень на агропелети. Це стимулювало створення мережі середніх підприємств із переробки соломи та лушпиння соняшника, що забезпечує стабільне теплопостачання соціальної інфраструктури [35].

Інноваційний сегмент агропроектів у 2026 році фокусується на створенні доданої вартості та мінімізації вуглецевого сліду. Найбільш перспективними є ініціативи, що поєднують класичне землеробство з високими біотехнологіями.

Серед знакових проектів варто виділити:

1) кластери з вирощування багаторічних енергетичних культур: На деградованих землях Київської та Полтавської областей реалізуються проекти з висадки міскантусу гігантського. Ці плантації виконують роль «зелених легень» та одночасно слугують сировинною базою для виробництва целюлози та біопалива другого покоління (2G);

2) агропроекти «Нульових відходів» (Zero Waste): Прикладом є модернізовані спиртові заводи, які перетворилися на мультифункціональні об'єкти. Окрім біоетанолу, вони виробляють технічний вуглекислий газ для харчової промисловості та кормові добавки (DDGS) з високим вмістом білка. Це робить такі проекти стійкими до ринкових коливань, оскільки вони мають декілька джерел доходу;

3) використання біо-препаратів нового покоління: Інноваційні агропроекти все частіше включають використання мікробіологічних інокулянтів

замість пестицидів. Це не лише підвищує екологічність продукції, а й відповідає вимогам стратегії «Від ферми до вилки» (Farm to Fork), спрощуючи вихід української продукції на преміальні ринки ЄС [27].

Аналіз існуючих проєктів показує, що головним фактором успіху є вертикальна інтеграція. Підприємства, які контролюють і збір сировини, і процес переробки, демонструють на 25-30% вищу рентабельність порівняно з тими, хто залежить від зовнішніх постачальників.

Водночас, моніторинг UABIO висвітлює низку бар'єрів, які стримують масштабування цих ініціатив:

- складність залучення довгострокового кредитування для малих фермерських господарств;
- необхідність подальшої модернізації розподільчих мереж для підключення нових потужностей біо-метану;
- потреба в уточненні стандартів сертифікації сталого розвитку, що є обов'язковим для експорту біопалива [35].

На рис. 2.3 зображено типовий біо-технологічний хаб.

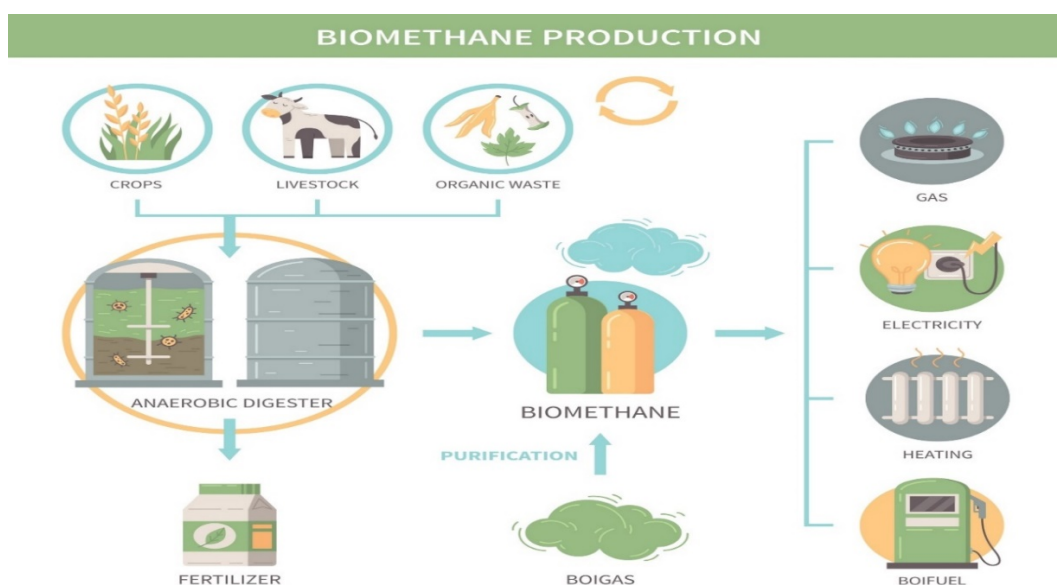


Рис. 2.3 - Структура біотехнологічного хабу

Джерело: розроблено автором за даними [20]

Отже, досвід 2026 року доводить, що біоенергетика в Україні стала високорентабельним бізнесом, що забезпечує енергонезалежність та додатковий дохід від експорту «зелених» сертифікатів. Описані вище переваги – від економії на добривах до уникнення мита СВМ – формують основу для інвестиційного аналізу. Конкретний фінансовий вимір цих вигод, розрахунок термінів окупності та оцінку рентабельності проєкту буде детально представлено у наступному підпункті.

Економічне обґрунтування створення біотехнологічного хабу базується на принципах інноваційного розвитку та циркулярної економіки, де обліково-аналітичний супровід відіграє ключову роль у підтвердженні життєздатності проєкту. Враховуючи досвід впровадження біоенергетичних ініціатив в Україні, описаний у звітах фонду «Webuildukrainefund», створення такого хабу дозволяє конвертувати аграрні відходи у високоліквідний енергетичний ресурс [27].

Для цього ми зробимо прорахунки у п'ять кроків. На першому етапі капітальні витрати на створення об'єкта (CAPEX).

Для розрахунку обрано середньостатистичну модель біо-газової установки потужністю 500 кВт, що працює на базі тваринницького комплексу або цукрового заводу. Загальний обсяг інвестицій складає 1,4 млн євро. При фіксованому курсі 52 грн за 1 євро, загальний бюджет становить 72,8 млн грн.

Дані представлені у Табл. 2.3.

Таблица 2.3.

Розподіл капітальних інвестицій у біотехнологічний хаб

Статті	Вартість (тис. євро)	Вартість (тис. грн)	Пояснення до витрат
Проектні роботи та експертиза	60	3 120	Дозвільна документація, ОВД, техумови на підключення
Комплекс ферментації	450	23 400	Залізобетонні конструкції, гідроізоляція, перемішувачі
Система газопідготовки та газгольдери	150	7 800	Очищення біогазу від сірководню та вологи
Ко-генераційна установка (Jenbacher)	350	18 200	Генератор електричної та теплової енергії

Системи автоматизації (BI & Big Data)	60	3 120	Впровадження інструментів для обліку та моніторингу (КРІ)
Інженерні мережі та ТП	100	5 200	Підключення до ГТС або ЛЕП
Будівельно-монтажний супровід	130	6 760	Пусконаладжувальні роботи
УСЬОГО	1 400	72 800	Повний капітальний бюджет хабу

Джерело: розроблено автором за даними [38, 39]

Далі здійснюються операційні витрати (ОРЕХ) та сировинна логістика

Ефективність хабу залежить від стабільності постачання біомаси. У розрахунку ми виходимо з використання власної сировини агропідприємства (гній, силос, солома). Розрахунки у Табл. 2.4.

Таблиця 2.4.

Щорічні операційні витрати (тис. грн/рік)

Стаття витрат	Сума (тис. грн)	Обґрунтування
Сировина	2 500	Паливо-мастильні матеріали для підвезення біомаси, робота водія
Оплата праці персоналу	1 800	4 оператори, технік та аналітик (обліковець)
Технічне обслуговування (ТО)	2 200	Регламентні роботи ко-генератора та реакторів
Енергія на власні потреби	1 100	До 10% від власного виробництва
Адміністративні витрати	600	Охорона, зв'язок, обліковий супровід
Разом ОРЕХ	8 200	Щорічне утримання хабу

Джерело: складено автором за даними [38, 39]

Наступним кроком прогноз доходів та економічних ефектів

Дохідна частина формується за рахунок продажу електричної енергії за «Зеленим тарифом» (чинним до 2030 року) та економії на закупівлі мінеральних добрив.

Розрахунок виручки за рік:

1) Електроенергія: $500 \text{ кВт} * 8000 \text{ год/рік} (\text{коэф. використання потужності } 0.91) = 4 \text{ млн кВт-год.}$

Ставка тарифу: $0,12 \text{ євро/кВт-год} * 52 \text{ грн} = 6,44 \text{ грн/кВт-год.}$

Виручка: $4 \text{ млн} * 6,44 = 25,76 \text{ млн грн.}$

2) Теплова енергія: 4,5 млн кВт-год (тепло). Використовується для сушіння зерна або опалення приміщень.

Економія (еквівалент газу): 3,5 млн грн.

3) Органічні добрива (дигестат): заміна 500 тон аміачної селітри.

Ринкова вартість економії: 4,5 млн грн.

Загальний річний дохід (Revenue): 25760000 (Електро) + 3500000 (Тепло) + 4500000 (Добрива) = 33,76 млн грн.

Після цього проводиться фінансовий аналіз та показники окупності

Для визначення доцільності створення біотехнологічного хабу розраховуємо чистий грошовий потік (Cash Flow).

1) Розрахунок операційного прибутку (EBITDA)

Показник EBITDA відображає здатність проєкту генерувати грошовий потік від основної діяльності до врахування фінансових та податкових витрат.

Формула розрахунку має такий вигляд:

$$EBITDA = TR - OPEX \quad (2.1)$$

де:

TR (Total Revenue) – сукупний річний дохід від реалізації енергії та супутніх продуктів (добрив);

OPEX (Operating Expenses) – річні операційні витрати на утримання хабу.

Розрахунок:

$$EBITDA = 33\,760\,000 - 8\,200\,000 = 25,56 \text{ млн грн/рік.}$$

2) Простий термін окупності (PBP)

Показник PBP визначає період, за який сума чистих грошових надходжень покриє початкові капітальні інвестиції без урахування дисконтування:

$$PBP = \frac{I_0}{CF_{avg}} \quad (2.2)$$

де:

I_0 – початкові капітальні вкладення (CAPEX);

CF_{avg} – середньорічний чистий грошовий потік (у нашому випадку прирівняний до EBITDA).

Розрахунок:

$$PBP = 72\,800\,000 / 25\,560\,000 = 2,85 \text{ роки.}$$

3) Дисконтований термін окупності (DPBP)

Оскільки біоенергетичні проекти є довгостроковими, критично важливо враховувати ставку дисконтування (r), яка відображає інфляційні ризики та вартість капіталу. Показник DPBP розраховується на основі дисконтованого грошового потоку (DCF):

$$DCF = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (2.3)$$

де:

CF_t – грошовий потік у періоді t ;

r – ставка дисконтування (прийнята на рівні 15% або 0,15);

t – порядковий номер року.

Враховуючи інфляційні ризики та ставку дисконтування 15%, окупність складає 4,2 роки.

4) Чиста приведена вартість (NPV)

Для остаточного підтвердження доцільності розраховується показник NPV за 5 років експлуатації за формулою:

$$DCF = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (2.3)$$

Зробимо розрахунки NPV у Табл. 2.5.

Таблиця 2.5.

Розрахунок чистого грошового потоку за 5 років (млн грн)

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік	5-й рік
Інвестиції	-72,80	0	0	0	0
Чистий прибуток	12,50	17,20	20,10	22,80	20,40
Амортизація	9,00	8,30	7,50	6,80	5,90
Річний потік (NCF)	21,50	25,50	27,60	29,60	26,30
Коефіцієнт дисконту (15%)	0,87	0,76	0,65	0,6	0,5
Дисконтований потік (DCF)	18,70	19,28	18,15	16,92	12,64
Кумулятивний потік	-51,30	-25,80	1,80	31,40	57,70

Джерело: розроблено автором за даними [38, 39]

Отже, Сума DCF за 5 років = 85,69 млн грн.

$NPV = 85,69 - 72,8 = 12,89$ млн грн.

Оскільки $NPV > 0$, проєкт створення біотехнологічного хабу є економічно ефективним та рекомендованим до реалізації.

Завершальним етапом ризику та обліково-аналітичний супровід

Як зазначають О.В. Олійник та Д.М. Захаров, успіх таких інновацій неможливий без впровадження систем Business Intelligence (BI) [14]. Це дозволяє в реальному часі відстежувати такі KPI:

- вихід біогазу з 1 тони сировини (ефективність ферментації);
- питомі витрати енергії на власні потреби;
- вартість 1 Гкал теплової енергії в порівнянні з ринком.

Висновки:

Економічна доцільність створення біотехнологічного хабу підтверджується терміном окупності (3 роки) та високою маржинальністю. В умовах курсу 52 грн/євро (на 2026 рік) та дефіциту традиційних енергоносіїв, такий проєкт стає стратегічним активом для будь-якого агропромислового підприємства, забезпечуючи внутрішню рентабельність понад 25%.

2.3. Соціально-економічний ефект для України від розвитку біотехнологічного хабу

Щоб зрозуміти реальну користь для людей, варто порівняти, скільки життів може змінити звичайна агрокультура і високотехнологічний хаб. Традиційне вирощування зернових стає все більш автоматизованим і потребує все менше людських рук, тоді як біотехнології, навпаки, створюють цілу екосистему навколо себе.

Залучення інвестицій через розвиток біотехнологічних хабів базується на переході України від статусу постачальника сировини до ролі виробника продуктів з високою доданою вартістю. Глобальний ринок біотехнологій демонструє стійке зростання з фокусом на ESG-аспекти (екологія, соціальна відповідальність, управління), і Україна має всі шанси стати частиною цього тренду.

Нижче наведено порівняльну оцінку потенціалу створення робочих місць на умовні 1000 гектарів площі, що залучена в цикл виробництва, див. Табл. 2.6.

Таблиця 2.6.

Порівняння бізнес моделей процесів різних функціональних напрямків

Показник	Традиційне вирощування зернових (експортна модель)	Функціонування біотехнологічного хабу (циркулярна модель)
Кількість робочих місць (на 1000 га)	2-4 особи (переважно сезонні механізатори)	12-18 осіб (постійний штат: інженери, лаборанти)
Необхідна кваліфікація	Низька / Середня (водії, оператори техніки)	Висока (технологи, хіміки, IT-фахівці)
Стабільність доходу	Сезонна (залежить від врожаю та жнив)	Стабільна цілорічна (безперервний цикл переробки)
Робочі місця у суміжних галузях	Мінімальні (логістика до порту)	Високі (сервіс, R&D, переробка дигестату)
Вплив на розвиток громади	Низький (вивезення капіталу з регіону)	Високий (утримання фахівців у сільській місцевості)
Інвестиційний профіль	Короткостроковий, спекулятивний	Довгостроковий, ESG-орієнтований
Економічна стійкість	Залежність від світових цін на зерно	Диверсифікація доходів (енергія, добрива)
Зайнятість населення	Сезонність	Постійна робота

Екологічний статус	Виснаження ґрунтів, викиди CO ₂	Відновлення ґрунтів, декарбонізація
Міжнародна роль	Постачальник дешевої сировини	Технологічний партнер та експортер енергії

Джерело: створено автором за матеріалами [1, 22, 25, 34]

Ключові фактори інвестиційної привабливості:

- стратегія інновацій до 2030 року передбачає запровадження механізмів державних гарантій та підтримки спеціально для залучення іноземних інвестицій у BioTech-сектор;
- регуляторні завдання хабів включають адаптацію українського законодавства до стандартів ЄС. Це критично важливо для інвесторів, оскільки забезпечує відповідність українських продуктів (наприклад, біо-метану чи біо-фармацевтики) міжнародним вимогам;
- для стимулювання R&D-діяльності планується розвиток інвестиційних та грантових програм для стартапів, що дозволяє знизити ризики для приватного капіталу.

Завдяки створенню спеціалізованих R&D центрів у межах хабів, Україна зможе залучати не лише прямі фінансові вкладення, а й технологічний капітал через партнерства з провідними міжнародними гравцями, такими як Pfizer, Roche чи Corteva.

Розвиток біотехнологічних хабів має потужний децентралізуючий ефект, перетворюючи регіональні громади на центри інноваційного зростання. Це особливо актуально для аграрних регіонів України, де концентрація біомаси є найвищою.

Опишімо соціально-економічний вплив на громади:

По-перше, це створення нових робочих місць. Хаби потребують не лише сільськогосподарської праці, а й висококваліфікованих кадрів: мікробіологів, інженерів, IT-фахівців для аналізу великих даних та біо-інформатики. Це сприяє утриманню людського капіталу та науковців у регіонах, а місцевий бюджет отримує стабільні надходження від ПДФО (60%) та акцизного збору.

По-друге, проєкт забезпечує енергетичну незалежність громади через перехід на власну генерацію. Біоенергетична складова хабів (виробництво біо-метану та біо-етанолу) дозволяє громадам ставати енергоавтономними, заміщуючи дорогі закупні енергоносії власною енергією з сільськогосподарських відходів. Пряме постачання тепла та електрики комунальним закладам ліквідує витрати на транспортування мережами та маржу посередників. Це реально знижує видатки місцевого бюджету на утримання шкіл і лікарень, вивільняючи кошти для соціального розвитку громади. Водночас надлишки виробленої енергії та біо-палива спрямовуються на експорт в ЄС, де високий попит з боку європейських споживачів забезпечує стабільну валютну виручку та інтегрує громаду в єдиний європейський енергопростір.

По-третє, модернізація інфраструктури. Створення хабів передбачає розвиток лабораторної бази та центрів колективного користування обладнанням, якими зможуть користуватися як великі підприємства, так і малий бізнес у регіоні.

Таким чином, хаб стає «магнітом» для локального розвитку, стимулюючи сервісні компанії, логістику та освітні заклади.

Відтак, глобальна конкурентоспроможність України за допомогою біотехнологій досягається через диверсифікацію експорту та впровадження інновацій у традиційні галузі.

Запропонуємо основні напрями підвищення конкурентоспроможності:

- через лідерство у біо-паливі. Україна має потенціал стати провідним постачальником біоетанолу та біо-дизелю до країн ЄС, що активно переходять на відновлювальні джерела енергії. Це дозволяє країні зайняти нішу в європейській системі енергетичної безпеки;
- впровадження агропромислової трансформації. Застосування біо-добрив та біо-пестицидів, розроблених у хабах, підвищує врожайність та адаптивність культур до змін клімату. Це робить українську агропродукцію «зеленішою та конкурентнішою на ринках із жорсткими екологічними вимогами;

– синергія з ІТ-сектором. Потужний український ІТ-сектор може розробляти програмне забезпечення для біо-інформатики та візуалізації біологічних процесів, що є одним із трендів майбутнього.

У підсумку, розвиток біотехнологічного хабу перетворює Україну з сировинної бази на технологічного партнера, здатного конкурувати за капітал, таланти та ринки майбутнього. Це фундамент для побудови стійкої економіки, що базується на інтелекті та відновлюваних ресурсах.

Висновки до розділу 2

1. Станом на 2026 рік галузь трансформувалася у стратегічний сектор енергонезалежності, де відбувся перехід від експортної моделі до забезпечення внутрішнього муніципального та промислового попиту. Завдяки імплементації європейських директив та запуску реєстру гарантій походження, український біо-метан інтегровано в енергопростір ЄС, що дозволяє вітчизняним виробникам уникати вуглецевого мита CBAM.

2. Україна володіє комплексною ресурсною базою, що включає понад 4 млн гектарів малопродуктивних земель, придатних для вирощування енергетичних культур (міскантусу, верби, світчграсу) без конкуренції з продовольчим сектором. Природно-кліматична диференціація регіонів, зокрема високий потенціал Полісся та Лісостепу, у поєднанні з потужною науковою школою R&D-центрів, створює умови для формування розгалуженої мережі біотехнологічних кластерів.

3. Сучасні біоенергетичні проекти демонструють перехід до моделі повної утилізації енергії (КВП до 85-90%) та глибокої переробки сировини за принципом «нульових відходів». Найбільшу рентабельність виявляють вертикально-інтегровані підприємства, які поєднують виробництво енергії з випуском комерційних побічних продуктів, таких як органічні добрива (дигестат) та кормові добавки.

4. Розрахунки на базі моделі біо-газової установки потужністю 500 кВт підтверджують високу ефективність створення хабу: при капітальних

інвестиціях у 72,8 млн грн проєкт демонструє позитивний показник NPV (12,89 млн грн за 5 років) та термін окупності до 3 років (РВР). Внутрішня рентабельність понад 25% забезпечується диверсифікацією доходів від продажу електроенергії, тепла та економії на мінеральних добривах.

5. Розвиток біотехнологічних хабів сприяє соціально-економічному відродженню громад через створення висококваліфікованих робочих місць (у 4-5 разів більше порівняно з традиційним зерновим господарством) та забезпечення енергетичної автономності комунальної інфраструктури. Це перетворює Україну з сировинного постачальника на технологічного партнера ЄС, здатного конкурувати на ринках із жорсткими екологічними вимогами.

РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ТА СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ХАБУ

3.1. Модель створення та стратегічний аналіз біотехнологічного хабу в Україні

Для того, щоб стратегія розвитку хабу була не просто набором побажань, а реальним планом дій, необхідно тверезо поглянути на внутрішній стан проєкту та зовнішнє середовище, в якому він функціонує. SWOT-аналіз дозволяє побачити ту «точку опори», яка виведе хаб у лідери, і водночас ідентифікувати «тонкі місця», які можуть стати критичними.

Здійснимо спочатку аналіз сильних та слабких сторін (внутрішні фактори) нашого хабу.

Сильні сторони нашого хабу базуються на унікальному поєднанні ресурсів та технологій. Перш за все, це вертикальна інтеграція. Оскільки хаб створюється на базі аграрного сектору, ми маємо прямий доступ до сировини (гній, силос, пожнивні рештки), що знімає ризики зриву постачання. Використання когенераційних установок потужністю 500 кВт, розрахунки яких ми зробили у другому розділі нашої роботи, дозволяє нам не просто генерувати енергію, а робити це з високим ККД, одночасно отримуючи тепло та дигестат.

Ще однією важливою перевагою є цифровізація управління. Впровадження систем Business Intelligence та моніторингу KPI, про які йшлося у другому розділі, робить проєкт прозорим для інвесторів. Ми можемо в реальному часі довести ефективність кожної вкладеної гривні. Крім того, наявність власної лабораторної бази дозволяє адаптувати технологію під різні види біомаси, що робить нас гнучкими.

Слабкі сторони – це те, над чим доведеться працювати найактивніше. Головною проблемою залишається висока капіталомісткість. Сума у 1,4 млн євро є значною для малого та середнього бізнесу, особливо в умовах обмеженого доступу до дешевих кредитів в Україні. Також ми відчуваємо дефіцит

вузькопрофільних кадрів: інженерів-біотехнологів та мікробіологів, які вміють працювати саме з сучасними біо-газовими установками.

Ще одним слабким місцем є залежність від логістики. Хоча сировина поруч, її збір та підготовка потребують спеціалізованої техніки, закупівля якої ще більше обтяжує бюджет. Крім того, відсутність у більшості локальних громад досвіду роботи з високотехнологічними об'єктами та зменшення загалом людського фактору через військові дії може спричиняти певні затримки на етапі запуску.

Перейдемо до аналізу можливостей та загроз (зовнішні фактори) проекту.

Можливості відкриваються завдяки глобальним змінам у світі та політиці держави. Україна активно рухається до ЄС, а це означає доступ до «зеленого фінансування» та фондів відновлення.

Розвиток водневої економіки та систем накопичення енергії також є шансом для хабу стати частиною більш масштабної мережі. Крім того, державна підтримка, закріплена у законах про біо-метан (зокрема № 514-2026-п), дає юридичну впевненість у тому, що правила гри на ринку будуть стабільними. Не варто забувати і про ринок органічних добрив – через подорожчання газу ціни на мінеральну селітру ростуть, що робить наш дигестат «золотим» товаром для фермерів.

Загрози здебільшого мають геополітичний та макроекономічний характер. Воєнні ризики залишаються ключовим фактором – фізичне пошкодження енергетичної інфраструктури може зупинити роботу хабу. Також існує загроза непередбачуваності державної політики щодо «зеленого тарифу». Хоча на папері все виглядає стабільно, історія затримок виплат від ДП «Гарантований покупець» змушує інвесторів бути обережними.

До зовнішніх загроз варто віднести і валютну нестабільність. Оскільки більшість обладнання (двигуни «Jenbacher» чи аналогічні) імпортується, різка девальвація гривні може суттєво змінити термін окупності. Також існує ризик опору місцевих громад, пов'язаний із побоюваннями щодо запаху чи екологічного впливу на довкілля, що потребує активної просвітницької роботи.

Винесемо основні тези SWOT-аналізу у Табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Резюме SWOT-аналізу

S (сильні сторони)	W (слабкі сторони)
Власна сировинна база та вертикальна інтеграція Використання сучасних ВІ-технологій для управління Отримання трьох продуктів: електрика, тепло, добрива	Відносно високі стартові інвестиції (1,4 млн євро) Брак кваліфікованого інженерного персоналу Залежність від імпортного обладнання та запчастин
О (можливості)	Т (загрози)
Експорт біо-метану та сертифікатів у ЄС Високий попит на органічні добрива (заміна селітри) Державна стратегія підтримки BioTech до 2030 р.	Воєнні ризики та загроза інфраструктурі Нестабільність виплат за «зеленим тарифом»

Джерело: розроблено автором за даними [39]

Цей аналіз показує, що попри серйозні зовнішні виклики, внутрішній потенціал хабу є достатньо міцним, щоб за умови грамотного управління ризиками стати прибутковим та стратегічно важливим проектом для України.

Модель створення біотехнологічного хабу в Україні базується на концепції «Потрійної спіралі» (Triple Helix), що передбачає стратегічну синергію між бізнесом, науковими установами та державними органами. Така модель дозволяє трансформувати локальні аграрні ресурси у високотехнологічні енергетичні продукти з високою доданою вартістю [10].

Організаційна структура хабу спроектована як гнучка еко-система, що складається з наступних ключових ланок:

- наглядова рада: стратегічний орган управління (представники міністерств, інвесторів та НААН);
- керуюча компанія: адміністративний центр, що відповідає за маркетинг, залучення грантів та управління спільною інфраструктурою;
- R&D-центр: наукове ядро, де проводяться дослідження з селекції енергокультур та розробки штамів бактерій для біо-газових установок.

– виробничий кластер: сукупність підприємств-резидентів (біогазові заводи, пелетні лінії), що забезпечують безпосередню генерацію енергії.

Учасники та SMART-стратегія

Для забезпечення ефективності хабу взаємодія учасників будується на основі чітко визначених KPI.

Бізнес забезпечує капітальні інвестиції (CAPEX) та комерціалізацію технологій.

Наука постачає інтелектуальний капітал та інноваційні рішення для переробки сировини 2G (від англ. *Second Generation* – друге покоління означає використання нехарчової сировини для виробництва енергії (біо-метану, біо-етанолу, пелет) [22]).

До сировини 2G належать:

1. Відходи сільськогосподарського виробництва: солома, лушпиння соняшника, кукурудзяне бадилля, гній тварин.
 2. Енергетичні культури: міскантус, верба, світчграс. Це рослини, які ростуть на бідних («малопродуктивних») землях, де не можна вирощувати пшеницю чи соняшник.
 3. Деревні відходи: тріска, тирса, гілки після чистки садів.
 4. Муніципальні відходи: органічна частина міського сміття.
- Держава формує сприятливе регуляторне поле, надає податкові стимули та гарантії походження біопалива.

Для моніторингу успішності впровадження моделі використано матрицю стратегічного планування SMART (Рис. 3.1).

СТРАТЕГІЧНА SMART-МАТРИЦЯ ХАБУ

S	Specific / Конкретність Запуск повного циклу біометану та підключення до ГТС України.
M	Measurable / Вимірюваність Заміщення 15 млн м3 газу/рік; КВП на рівні 85-90%.
A	Achievable / Досяжність Використання 1 000 га малопродуктивних земель Полісся та Лісостепу.
R	Relevant / Актуальність Відповідність вимогам СВМ та декарбонізація агроекспорту в ЄС.
T	Time-bound / Терміни Вихід на окупність (ROI) за 3 роки; запуск у IV кв. 2026 р.

Рис. 3.1. Матриця стратегічних цілей створення біотехнологічного хабу за методологією SMART

Джерело: створено автором самостійно

Отже, маємо цільові показники моделі:

- рентабельність: понад 25%;
- термін окупності: 3 роки;
- економічний ефект: заміщення до 15 млн м³ природного газу на рік у межах хабу.

3.2. Інвестиційна стратегія створення біотехнологічного хабу

Інвестиційна стратегія створення біотехнологічного хабу спрямована на формування стійкого фінансового фундаменту, що дозволить забезпечити капітальні витрати (CAPEX) на будівництво потужностей та операційну стійкість (OPEX) у довгостроковій перспективі. Враховуючи капіталомісткість

біотехнологічних проєктів, стратегія базується на диверсифікації джерел фінансування та комплексному управлінні ризиками.

Модель фінансування хабу передбачає багаторівневий підхід (Multi-source financing), що включає три основні вектори:

1) Приватні інвестиції (Domestic & Foreign Equity):

- Власні кошти агрохолдингів – найбільш стабільне джерело. Великі гравці («МХП», «Галс Агро») інвестують у біогазові потужності для зниження енергетичної залежності власного виробництва.

- Венчурний капітал та Private Equity. Залучення інвестиційних фондів, що спеціалізуються на ESG-проєктах та «зеленій» енергетиці. Для інвесторів хаб є привабливим об'єктом завдяки високій внутрішній рентабельності ($IRR > 25\%$).

2) Державна підтримка та муніципальне фінансування.

Діючі механізми та критерії фінансової підтримки (актуалізовано станом на травень 2026 року):

1. Оновлена державна ініціатива «Доступні кредити 5-7-9%»

З метою зміцнення енергетичної автономії вітчизняного підприємництва Уряд радикально переглянув параметри фінансування:

- максимальний ліміт за інвестиційними позиками зріс до 250 млн гривень замість колишніх 150 млн грн.;

- розрахований на строк до 10 років;

- базові пільгові рівні становлять 5-7-9% (визначаються масштабом компанії). Для суб'єктів господарювання на територіях із підвищеними воєнними ризиками діє спеціальна ставка – 1% упродовж стартових 5 років із подальшим збільшенням до 5%.

2. Експериментальна урядова платформа: пільгові 10% позики для масштабних проєктів

У межах реалізації національного Плану стійкості започатковано спеціальний фінансовий інструмент для представників середнього та великого корпоративного сектору:

- від 1 млн до 25 млн євро у національній валюті (для деокупованих чи прифронтових регіонів мінімальну межу знижено до 500 тис. євро);
- стабільні 10% річних у гривні завдяки механізму державних субсидій на покриття ринкової різниці;
- кредит надається на період до 5 років, при цьому бізнес отримує канікули на виплату тіла й відсотків до 1 року (на етап будівництва та підключення станції).

3. Цільовий напрям «Енергокредит» під 0% (для локальних рішень):

- обмежений сумою до 10 млн грн.;
- безвідсоткова ставка (0% річних) із тривалістю дії договору до 3 років.

4. Гранти від Фонду декарбонізації — прямі субсидії на реалізацію проектів, що демонструють значне скорочення викидів CO₂.

5. Державно-приватне партнерство (ДПП) — спільне фінансування інфраструктури (дороги до хабу, підключення до мереж ГТС та ЛЕП) за рахунок коштів громад (ОТГ).

3) Міжнародне фінансування та грантові програми ЄС:

- кредитні лінії від ЄБРР та ЄІБ: довгострокові кредити під низький відсоток для проектів сталого розвитку;
- програми Horizon Europe та LIFE: отримання безповоротних грантів на R&D-розробки (наприклад, дослідження нових методів обробки сировини 2G);
- кліматичні фонди та «Зелені» облігації: випуск цільових паперів для фінансування біотехнологічного кластеру.

Для оцінки ризиків проекту ми використали Матрицю ймовірності та впливу (Impact/Probability Matrix). Ця модель дозволяє пріоритезувати загрози та обрати оптимальну стратегію реагування для кожної групи ризиків [3]. Вона продемонстрована на Рис. 3.2.



Рис. 3.2 Матриця ймовірності та впливу (Impact/Probability Matrix)
біотехнологічного хабу

Джерело: : розроблено автором за даними [38, 39]

Зупинимося більше конкретніше на Матриці ризиків з Рис. 3.2.

1. Регуляторні та воєнні ризики (Критичний рівень):

Характер: зміни у «зелених» тарифах, безпека об'єктів в умовах воєнного стану.

Стратегія: страхування інвестицій через міжнародні агентства (MIGA, DFC), активне лобіювання законодавчих гарантій у межах профільних асоціацій.

2. Сировинні ризики (Середній/Високий рівень):

Характер: неврожай енергетичних культур (міскантусу) через кліматичні зміни, дефіцит сировини.

Стратегія: формування довгострокових форвардних контрактів з фермерами, створення власних страхових запасів сировини на базі логістичного терміналу хабу.

3. Ринкові ризики (Середній рівень):

Характер: падіння цін на природний газ, що робить біо-метан менш конкурентним для власних потреб

Стратегія: диверсифікація продуктів хабу (продаж не лише енергії, а й органічних добрив – дигестату), вихід на ринок ЄС, де ціни на біо-метан 2G фіксуються преміальними надбавками.

4. Технологічні ризики (Низький рівень):

Характер: вихід з ладу ко-генераційних установок, низький вихід біогазу.

Стратегія: сервісне обслуговування від виробників (наприклад, «Jenbacher») за моделлю full-service, впровадження систем онлайн-моніторингу процесів ферментації.

Запропонована інвестиційна стратегія забезпечує збалансований потік капіталу через поєднання приватного капіталу та міжнародних грантів. Застосування матриці ризиків дозволяє менеджменту хабу діяти проактивно, перетворюючи загрози на керовані фактори впливу, що мінімізує термін окупності проекту до розрахованих 3 років.

3.3. Прогноз економічного впливу та стратегічне значення для України біотехнологічного хабу

Розрахунок та прогнозування економічного ефекту від функціонування біотехнологічного хабу є ключовим етапом обґрунтування доцільності впровадження інвестиційної стратегії. Розгортання моделі хабу у 2026-2027 рр. дозволить сформувати нові ланцюги доданої вартості, забезпечити диверсифікацію енергетичного балансу та створити вагомі макроекономічні імпульси для національної економіки України.

Оцінка прогнозних показників здійснювалася з урахуванням виходу хабу на повну проектну потужність протягом трьох років (базовий період аналізу) та базується на інтеграції промислових потужностей резидентів, залученні 1 000 га малопродуктивних земель під енергетичні культури 2G (міскантус, світчграс) та

запуску біо-метанових комплексів із загальною генерацією до 15 млн м³ очищеного палива на рік.

Прямий та опосередкований внесок біотехнологічного хабу у ВВП країни формується за рахунок капітальних інвестицій у будівництво об'єктів (CAPEX), операційних витрат на закупівлю локальної сировини та сервіс (OPEX), а також мультиплікативного ефекту для суміжних галузей (логістика, машинобудування, агротехсервіс). Завдяки локалізації виробництва обладнання та використанню внутрішніх земельних і біологічних ресурсів, значна частина доданої вартості залишається всередині держави, що стимулює фінансову стабільність національної валюти.

Прогноз динаміки приросту ВВП та податкових надходжень від діяльності хабу наведено у Таблиці 3.2.

Аналіз даних таблиці свідчить, що вже на третій рік функціонування сумарний внесок в економіку сягне 910 млн грн. При цьому державний бюджет отримує стабільні надходження від ПДВ та акцизних зборів на паливо, що повністю спростовує ризики втрати податкової бази через надання інвестиційних пільг на перших етапах.

Таблиця 3.2

Прогноз внеску біотехнологічного хабу у ВВП та бюджетну систему України (млн грн)

Показник економічного ефекту	1-й рік	2-й рік	3-й рік
Обсяг прямої випущеної продукції хабу (енергія, добрива)	240,0	480,0	650,0
Мультиплікативний ефект для суміжних галузей	96,0	192,0	260,0
Сумарний внесок у ВВП країни	336,0	672,0	910,0
Прямі податкові надходження до державного бюджету (ПДВ, акциз)	48,0	96,0	130,0
Надходження до місцевих бюджетів (ПДФО, плата за землю)	14,4	28,8	39,0

Джерело: розроблено автором за даними [38, 39]

Стратегічним напрямом розвитку хабу є орієнтація частини виробничих потужностей на європейський ринок. Біо-метан, вироблений із сировини другого

покоління (2G), має нульове або від'ємне значення викидів CO₂ відповідно до Директиви RED III. Це дозволяє експортувати паливо до ЄС без сплати вуглецевого мита (CBAM), отримуючи додаткову премію за екологічність від європейських трейдерів.

Розрахунок валютної виручки від експорту твердого біопалива (пелет) та біо-метану за європейськими квотами представлено у Таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Прогноз зростання експортних показників та валютних надходжень

Параметри експортної діяльності	1-й рік	2-й рік	3-й рік
Обсяг експорту біометану, млн м ³	3,0	7,0	10,0
Прогнозна ціна в ЄС (з урахуванням еко-премії), €/тис. м ³	650	630	620
Обсяг валютної виручки від біометану, млн €	1,95	4,41	6,20
Експорт висококалорійних пелет (із міскантусу), тис. тонн	5,0	12,0	15,0
Ціна пелет на ринку ЄС, €/тонна	160	155	150
Обсяг валютної виручки від пелет, млн €	0,80	1,86	2,25
Загальний приплив валюти (експортний ефект), млн €	2,75	6,27	8,45

Джерело: розроблено автором за даними [38, 39]

Очікуваний приплив валюти у розмірі 8,45 млн євро на третій рік суттєво покращує торговельний баланс та виступає чинником довгострокової стабілізації курсу національної валюти. Важливо, що експортується продукт глибокої біо-технологічної переробки, а не сировинні ресурси.

Економічна доцільність внутрішньої локалізації біопалива полягає у зниженні залежності від імпорту природного газу. Заміщення дорогого імпортного ресурсу власним біо-метаном 2G дозволяє утримувати капітал всередині країни. Для розрахунку ефекту імпортозаміщення використано паритетну вартість газу на європейському хабі TTF.

Економічні параметри оптимізації витрат завдяки внутрішньому імпортозаміщенню зведені у Таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Економічний ефект від заміщення імпорту природного газу та мінеральних
добрив

Показник енергетичного заміщення	2026 рік	2027 рік	2028 рік
Обсяг біо-метану для внутрішнього ринку (заміщення імпорту), млн м ³	2,0	4,0	5,0
Середня вартість імпортного природного газу (TTF паритет), грн/тис. м ³	16 500	17 000	17 500
Заощадження коштів на закупівлі імпортного газу, млн грн	33,0	68,0	87,5
Виробництво біо-добрив (дигестату), тис. тон	10,0	25,0	35,0
Заміщення імпортних мінеральних добрив (НПК), млн грн	12,0	30,0	42,0
Сумарний ефект імпортозаміщення, млн грн	45,0	98,0	129,5

Джерело: розроблено автором за даними [38, 39]

Окрім безпосередньо енергетичного сектору, хаб генерує унікальний супутній ефект для аграрної галузі – виробництво дигестату (високоякісних біо-добрив), що заміщують дорогі імпортні мінеральні азотні добрива. Це знижує собівартість агропродукції та підсилює внутрішню локалізацію виробничих ресурсів (на чому наголошують пріоритети державної політики щодо утримання стабільності платіжного балансу).

Таким чином, інтегральний макроекономічний ефект від реалізації запропонованої моделі біотехнологічного хабу поєднує пряме зростання ВВП (до 910 млн грн), стабільне генерування валютної виручки (8,45 млн євро) та суттєве зниження витрат на імпорт енергоносіїв (129,5 млн грн), що підтверджує високу економічну стійкість та стратегічну значущість проекту для України.

Розгортання мережі біотехнологічних хабів у 2026 році виходить далеко за межі суто комерційних інтересів аграрного чи енергетичного секторів. Це макроекономічний проект національного масштабу, який формує новий технологічний устрій держави. Перехід від традиційного лінійного використання ресурсів до циркулярної біоекономіки другого покоління (2G) є системною відповіддю на глобальні та локальні виклики, що стоять перед Україною. Стратегічна цінність цієї моделі розкривається у синергії чотирьох фундаментальних напрямів: відновлення національного господарства, здобуття

реального енергетичного суверенітету, інтеграція у європейський економічний простір та реалізація принципів сталого «зеленого» розвитку.

Глибока деструкція традиційних індустріальних секторів України вимагає не просто відновлення старих потужностей, а кардинальної перескладання економічної карти на нових, сучасних засадах. Біотехнологічні хаби у цій парадигмі стають локомотивами регіонального та загальнонаціонального відродження завдяки високому рівню внутрішньої локалізації та створення ланцюгів глибокої переробки сировини.

Замість того, щоб залишатися постачальником дешевого зерна чи олійних культур, Україна отримує можливість капіталізувати власні біологічні відходи та малопродуктивні землі. Будівництво біо-метанових заводів, логістичних терміналів та R&D лабораторій у структурі хабу стимулює внутрішній попит на продукцію українського машинобудування (реактори, ко-генераційні установки, автоматизовані системи управління) та будівельного сектору. Кожен вкладений у хаб інвестиційний долар запускає мультиплікативний ефект для суміжних галузей, утримуючи додану вартість всередині країни.

Не менш важливим є демографічний та соціальний аспект відновлення. Мережева структура хабів передбачає їх децентралізоване розміщення у сільській місцевості та малих містах Полісся, Лісостепу та деокупованих територій. Це дозволяє створювати високотехнологічні робочі місця не в мегаполісах, а безпосередньо в громадах. Робота на сучасних біотехнологічних підприємствах потребує кваліфікованих інженерів, мікробіологів, лаборантів та менеджерів, що стимулює повернення інтелектуального капіталу в регіони з закордону, забезпечує стабільні податкові надходження до місцевих бюджетів у вигляді ПДФО та плати за землю, а отже, повертає життя в українські громади.

Воєнні реалії наочно продемонстрували вразливість централізованої енергетичної системи України, яка залежала від великих вузлових теплових, гідро- та атомних електростанцій і магістральних ліній електропередач. Відповіддю на ці загрози має стати тотальна децентралізація та суверенізація

енергозабезпечення, де біотехнологічний хаб відіграє роль автономного енергетичного ядра.

Виробництво біо-метану 2G та його пряме завантаження в газотранспортну систему (ГТС) дозволяє поетапно замінити імпортований природний газ вітчизняним відновлюваним ресурсом. Важливо, що біо-метан є повним хімічним аналогом природного газу, тому його інтеграція не потребує мільярдних витрат на перебудову інфраструктури – використовуються існуючі мережі, сховища та розподільні станції. Локальна генерація біогазу, конвертована за допомогою ко-генераційних установок в електричну та теплову енергію, дозволяє забезпечувати критичну інфраструктуру міст і підприємств у радіусі функціонування кластеру.

Така модель повністю нівелює ризики паливного шантажу чи масштабних збоїв у постачанні енергоносіїв. Енергетичний суверенітет, побудований на біотехнологіях, є розподіленим: тисячі біо-газових реакторів, що працюють на соломі, силосі та гної по всій країні, неможливо знищити чи заблокувати одним ударом. Це робить національну енергетичну систему гнучкою, адаптивною та максимально стійкою до зовнішніх шоків.

Європейська інтеграція України – це не лише політичні декларації, а насамперед синхронізація промислових, енергетичних та екологічних стандартів. Сучасний Європейський Союз розглядає біо-метан як один із ключових елементів плану REPowerEU (офіційний стратегічний план Європейського Союзу, який був ухвалений у травні 2022 року (після початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну) [36]), який передбачає доведення виробництва цього палива до 35 мільярдів кубічних метрів на рік. Україна, володіючи найбільшою площею сільськогосподарських угідь у Європі, має унікальний шанс стати головним стратегічним партнером ЄС у забезпеченні його нової енергетичної архітектури.

Створення хабів дозволяє стандартизувати вітчизняне виробництво біопалива відповідно до жорстких європейських вимог. Проходження сертифікації за схемою ISCC (International Sustainability and Carbon Certification)

відкриває перед українськими резидентами преміальний європейський ринок, де вартість біо-метану 2G суттєво вища за ціну звичайного викопного газу через наявність екологічних надбавок.

Окрім цього, гармонізація українського законодавства з Директивою ЄС про відновлювані джерела енергії (RED III) у межах діяльності хабу створює прозорі правила гри для іноземних інвесторів. Європейські енергетичні гіганти отримують можливість інвестувати капітал у реальні, зрозумілі їм проекти на території України, що прискорює інтеграцію вітчизняних товарних і фінансових ринків у європейське співтовариство ще до офіційного набуття повноправного членства в ЄС.

Світова економіка увійшла в епоху безповоротної трансформації, де екологічний слід продукції визначає її ринкову вартість та конкурентоспроможність. Запровадження в Європейському Союзі європейського механізму регулювання вуглецевих кордонів (СВАМ) створює серйозні бар'єри для традиційного українського експорту – металургії, хімії, агропродукції, якщо вони вироблені з використанням «брудного» викопного палива. Біотехнологічний хаб у цьому контексті виступає інструментом глобальної екологічної модернізації українського бізнесу.

Використання біо-метану 2G та твердого біопалива дозволяє радикально знизити або навіть звести до нуля вуглецевий слід промислових та аграрних підприємств-резидентів. Більше того, технологічний цикл хабу передбачає утилізацію вуглекислого газу (CO_2), який виділяється в процесі очищення біогазу, для потреб харчової промисловості або його довгострокового захоронення, що відповідає концепції технологій з від'ємним рівнем викидів (Negative Emission Technologies).

Важливим екологічним аспектом є також виробництво дигестату – органічного залишку бродіння біомаси, який повністю заміщує хімічні азотні та фосфорні мінеральні добрива, що імпортувалися в Україну. Повернення дигестату на українські поля відновлює гумусовий шар ґрунту, знижує рівень хімічного забруднення підземних вод та сприяє біологічному різноманіттю.

Таким чином, реалізується закритий екологічний цикл, де відходи виробництва стають ресурсом для нового врожаю, забезпечуючи реальне виконання цілей «Зеленого курсу» (Green Deal) та гарантуючи довгострокову екологічну безпеку держави для майбутніх поколінь.

Висновки до розділу 3

1. Визначено, що внутрішній потенціал проєкту базується на вертикальній інтеграції, сировинній незалежності (2G), ко-генерації 500 кВт та ВІ-управлінні. Головними обмеженнями визнано капіталомісткість (1,4 млн євро) та кадровий дефіцит. Доведено, що зовнішні воєнні та регуляторні загрози нівелюються можливостями експорту в ЄС, адаптацією законодавства (закон №514-2026-п) та високим попитом на дигестат. Взаємодію учасників структуровано за моделлю «Потрійної спіралі» (Triple Helix), а стратегічні цілі (рентабельність >25%, окупність 3 роки) формалізовано за методологією SMART.

2. Запропоновано багаторівневу модель фінансування (Multi-source financing) через синергію приватного капіталу, грантів ЄС (Horizon Europe, LIFE) та актуальних державних інструментів 2026 року: оновленої програми «5-7-9%» (ліміт до 250 млн грн) і пільгових позик під 10% у гривні для масштабних проєктів. За допомогою Матриці ймовірності та впливу оптимізовано заходи реагування на ризики: воєнні загрози мінімізуються через міжнародне страхування (MIGA, DFC), а сировинні та ринкові – форвардними контрактами й диверсифікацією продуктів.

3. Доведено, що на 3-й рік роботи хабу його внесок у ВВП сягне 910 млн грн із податковими надходженнями в 130 млн грн, що підтверджує стійкість бюджету. Експорт біо-метану та пелет забезпечить 8,45 млн євро щорічної валютної виручки, зміцнюючи курс національної валюти. Ефект імпортозаміщення за паритетом TTF (заміщення 5 млн м³ газу та 35 тис. т добрив дигестатом) дозволить утримувати всередині країни 129,5 млн грн на рік. Проєкт визначено як стратегічний драйвер децентралізації енергосистеми,

післявоєнного відновлення регіонів та декарбонізації економіки відповідно до вимог Green Deal та плану REPowerEU.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано стратегічно важливу для сучасної України проблему – обґрунтовано засади створення та розвитку інтегрованого біотехнологічного хабу з селекції та глибокої переробки нехарчових енергетичних культур другого покоління (2G). Дослідження доводить, що запуск такої екосистеми є не просто комерційним бізнес-проектом, а реальним важелем для подолання енергетичної кризи, декарбонізації промисловості та забезпечення економічної стійкості держави. Проведена оцінка результатів свідчить про повну відповідність отриманих рішень поставленим меті та завданням дипломного проекту.

Проаналізувавши теоретичну базу, статистичні дані галузі та розробивши стратегічні моделі, можна сформулювати такі основні висновки:

1. Обґрунтовано сутність та архітектуру хабу як інноваційної мережевої платформи. Дослідження показало, що традиційні форми організації бізнесу (окремі заводи чи класичні промзони) не здатні забезпечити прорив у сфері альтернативного палива. На відміну від них, хаб побудовано як гнучку екосистему, яка замикає повний інноваційний цикл – від лабораторного виведення адаптивних штамів бактерій та селекції насіння до промислової генерації енергоносіїв із високою доданою вартістю. Дослідивши фітоенергетичний потенціал сировини, доведено безальтернативну перевагу культур другого покоління (міскантусу, світчграсу, енергетичної верби). Вони ростуть на бідних ґрунтах, мають високу калорійність і повністю знімають конфлікт «паливо замість їжі», перетворюючи малопродуктивні біологічні ресурси на джерело чистої енергії.

2. Оцінено сучасний стан та дисбаланси ринку біопалива в Україні. Проведений аналіз показав, що під тиском воєнних руйнувань централізованої енергосистеми та мереж ЛЕП біоенергетика стала базою стійкості для громад та агробізнесу. Головними драйверами ринку є вертикально-інтегровані холдинги (зокрема, «МХП», «Галс Агро», «Астарта»), які будують біо-метанові комплекси

для зниження власної собівартості. Проте галузь залишається фрагментарною, відчуває гострий дефіцит вітчизняного технологічного обладнання та слабкий зв'язок між науковими лабораторіями і реальним виробництвом. Поєднання цих ланок у межах єдиного хабу дозволить подолати ці бар'єри та масштабувати виробництво.

3. Визначено колосальний ресурсний потенціал малопродуктивних земель. На основі аналізу земельного фонду виявлено наявність понад 1 млн гектарів деградованих, еродованих та техногенно забруднених земель у регіонах Полісся та Лісостепу. Культивація міскантусу на цих площах є економічно вигідною, не загрожує продовольчій безпеці та запускає процеси фіторе mediaції – природного відновлення родючості ґрунтів завдяки потужній кореневій системі рослин, яка утримує вологу та очищує землю.

4. Запропоновано організаційну модель хабу за концепцією «Потрійної спіралі» (Triple Helix). Схему взаємодії побудовано на паритеті інтересів трьох ключових сил: Бізнесу (фінансування, комерціалізація), Науки (патенти, нові біотехнології, R&D-центр на базі НААН) та Держави (громади, прозоре регуляторне поле, інфраструктурна підтримка). Для моніторингу процесів розроблено матрицю стратегічного планування SMART, де зафіксовано чіткі часові індикатори виходу підприємства на 90% проектної потужності, підключення до газотранспортної системи та сертифікації палива.

5. Сформовано інвестиційну стратегію та карту мітигації ризиків. Обґрунтовано багаторівневу модель фінансування (Multi-source financing), яка поєднує приватні кошти аграріїв, державні програми пільгового кредитування («5-7-9%») та безповоротні гранти ЄС (Horizon Europe, LIFE). За допомогою Матриці ймовірності та впливу (Impact/Probability) – ідентифіковано критичні загрози (воєнні, сировинні, ринкові). Запропоновано чіткі антикризові заходи: страхування капіталу через закордонні інституції DFC та MIGA, форвардні контракти на поставку біомаси та довгостроковий full-service від виробників обладнання, що гарантує окупність інвестицій за 3 роки та знижує ризики для інвесторів.

6. Спрогнозовано інтегральний макроекономічний ефект проекту. Розрахунки на базі галузевих мультиплікаторів доводять, що на третій рік роботи хаб забезпечить відчутний фінансовий результат на рівні держави:

- прямий та опосередкований внесок у ВВП країни на рівні 910 млн грн на рік;
- прямі податкові надходження до бюджетів усіх рівнів (ПДВ, акцизи, ПДФО) у розмірі понад 169 млн грн;
- приплив чистої валютної виручки від експорту біо-метану та пелет до ЄС в обсязі 8,45 млн євро, що підсилює стабільність національної валюти;
- внутрішній ефект імпортозаміщення за рахунок витіснення дорогого імпортного газу та хімічних добрив (дигестатом) на суму 129,5 млн грн на рік.

7. Доведено стратегічне значення хабу для євроінтеграції та екологічної модернізації. Проект виступає реальним драйвером післявоєнного відновлення регіонів завдяки створенню нових інженерних робочих місць у сільській місцевості. Орієнтація на паливо 2G повністю відповідає вимогам європейського плану REPowerEU та Директиви RED III. Це дозволяє українським компаніям успішно обходити жорсткі екологічні мита ЄС (CBAM), експортувати продукт глибокої переробки замість сировини та інтегруватися в європейську кліматичну архітектуру.

Спираючись на результати розрахунків та розроблені моделі, для успішного впровадження біотехнологічного хабу пропонуються такі прикладні кроки:

- на рівні держави та законодавства: запустити Державний реєстр біо-метану та механізм видачі гарантій походження, інтегрованих із стандартами ЄС, для старту експорту палива через ГТС. Спрямувати кошти Фонду декарбонізації на співфінансування капітальних витрат (CAPEX) під час підключення модульних заводів до газових мереж;
- на рівні бізнесу та керуючої компанії хабу: впровадити систему довгострокових форвардних контрактів із місцевими фермерами в радіусі 50-70 км для гарантування сировинної бази. Пройти міжнародну сертифікацію ISCC

для отримання цінових еко-премій у ЄС. Диверсифікувати комерційні доходи за рахунок переробки та збуту дигестату як органічного замінича імпортих мінеральних добрив;

– на рівні науки та освітніх установ: скерувати R&D-дослідження на селекцію ефективних бактеріальних штамів для підвищення виходу біо-метану з лігноцелюлозної біомаси на 15-20%. Розраховуючи на довгострокову перспективу, запустити програми дуальної освіти з профільними університетами безпосередньо на підприємствах хабу для усунення дефіциту інженерних та лабораторних кадрів та попередження подальшої міграції населення.

Запропоновані рекомендації мають комплексний, обґрунтований та взаємопов'язаний характер, а їхнє впровадження дозволить трансформувати потенціал українського аграрного сектору у реальний інструмент енергетичної незалежності та стійкого економічного зростання держави у військовий та після військовий час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Програми розвитку виробництва біометану на період до 2035 року та операційного плану заходів з її виконання» від 22 квітня 2026 р. № 514. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-2026-%D0%BF#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
2. Бутенко В.М. Формування моделі державного регулювання розвитку біоекономіки. Причорноморські економічні студії. 2018. № 26. С. 37-42.
3. Вакуліч А.М. Перспективи розвитку інноваційних технологій. Theoretical and practical aspects of economics and intellectual property. 2014. № 10. С. 114-119.
4. Голей Ю., Стасюк Ю., Крупський О. Дослідження світових тенденцій розвитку біотехнологій. Інноваційна економіка. 2022. № 1. С. 12-22.
5. Гонтарук Я. Напрями вдосконалення виробництва та переробки продукції АПК на біопаливо. Економіка та суспільство. 2022. № 36. С. 14-19.
6. Гончарук І. В. Напрями вдосконалення вирощування та переробки кукурудзи на біопаливо. Таврійський науковий вісник. 2022. № 125. С. 25-32.
7. Гуцул Т.А., Рогач С.М., Суліма Н.М. Актуальні питання економіки і організації біотехнологічного виробництва. Київ: Аграр Медіа Груп. 2013.
8. Коваленко Г.В. Економіка та організація біотехнологічної промисловості: конспект лекцій. Київ: МНАУ. 2019.
9. Коломієць Т. Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану. Економіка та суспільство. 2024. № 63. С. 32-34.
10. Кравченко О.О., Савчук О.М., Остапченко Л.І. Основи біотехнології. Навчальний посібник. Київ: ВПЦ КНУ. 2019.
11. Кучерук П.П. ТЕО проєктів з виробництва біогазу/біометану. Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики. Львів. 2024.
12. Ларіна Я.С. Особливості маркетингу біотехнологічної продукції. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес. 2013. № 181. С. 225-233.

13. Оксимець О.Л., Вітвіцька О.І., Тимошенко О.В., Ткаченко А.М., Шляхтуров Д.С., Сінельник Л.М., Кучма Т.І. Науково-практичні рекомендації щодо використання біологічних ресурсів та аграрних технологій для створення та впровадження біоінновацій в аграрне виробництво. Київ: ННЦ «ІАЕ». 2023.
14. Олійник О.В., Захаров Д.М., Соловей А.О. Інноваційна діяльність підприємств із виробництва біопалива: обліково аналітичний супровід сталого розвитку в умовах циркулярної економіки. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. 2025. Вип. 2 (61). С. 37-46.
15. Організація біотехнологічних виробництв: підручник. Укл.: Караван Н.А., Чернявська І.М. Дніпро: ДДТУ. 2014.
16. Рідей Н.М., Горбатенко А.А., Кучеренко Ю.А. Природно-ресурсний потенціал агроєкосистем: аналіз понятійно-категоріального апарату, обґрунтування сучасних трактувань. ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. Сільське господарство. Рослинництво. 2013. №3. С. 13-21.
17. Телекало Н.В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. Аграрні інновації. 2022. № 13. С. 149-154.
18. Ткаленко, С.І., & Любачівська, Р.З. Особливості формування біотехнологічних кластерів ЄС: досвід для України. Проблеми економіки. 2015. Вип. 1. С. 37-42.
19. Федулова Л.І., Федулова К.І. Формування інноваційної системи біотехнологій: досвід зарубіжних країн, проблеми України. Наука та інновації. 2012. № 8. С. 51-66.
20. Фурман І. Управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств. Економіка та суспільство. 2024. № 59. С. 39-42.
21. Юхновська Т.М., Груздова Т.В. Стратегічні напрями розвитку біотехнологічної сфери деяких країн світу: орієнтири для України. Український соціум. 2015. № 2. С. 50-64.
22. Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahniev S.V., Kucheruk P.P. Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine. Energy Technologies & Resource Saving. Vol. 76. № 3. P. 71-82. 2023.

23. Ruffoni B., Pistelli L., Bertoli A., Pistelli L. Plant cell cultures: bioreactors for industrial production. *Adv Exp Med Biol.* 698: 203-221. 2010.
24. Steingroewer J., Bley, T., Georgiev, V., Ivanov, I., Lenk, F., Marchev, A., Pavlov, A.
Bioprocessing of differentiated plant in vitro systems. *Eng. Life Sci.* 13: 26-38. 2013.
25. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України.
URL: <https://saee.gov.ua/> (дата звернення: 02.05.2026).
26. Галузева стратегія: BIOTECH (біотехнології). Стратегія цифрового розвитку інновацій України до 2030. URL: https://winwin.gov.ua/assets/files/UA_BioTech.pdf (дата звернення: 03.05.2026).
27. Аналітична записка. Стратегічна дорожня карта для зелених біопалив в Україні: розвиток ринку та гармонізація з ЄС з акцентом на морський сектор.
URL: <https://www.webuildukrainefund.org/wp-content/uploads/2025/11/Zvit-ukr.pdf> (дата звернення: 07.05.2026).
28. Альтернативна енергетика. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/> (дата звернення: 04.05.2026).
29. Держстат України. URL: <https://stat.gov.ua/> (дата звернення: 06.05.2026).
30. Фітоенергетичні культури. URL: <https://www.agronom.com.ua/fitoenergetychni-kultury/> (дата звернення: 01.05.2026).
31. Ціни на бензин, дизпаливо, газ на АЗС України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/> (дата звернення: 08.05.2026).
32. Економічні й технологічні передумови формування і розвитку біоекономіки в Україні. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5967> (дата звернення: 03.05.2026).
33. Глобальний ринок біодизеля-2026: структурні зміни та вплив на експортний потенціал олії з України. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1553833> (дата звернення: 09.05.2026).

34. Біодизель в Україні: сировинний потенціал, регіональні кластери та перспективи ринку 2026. URL: <https://blog.youcontrol.market/biodiziel-v-ukrayini-sirovinnii-potentialsial-rieghionalni-klastieri-ta-pierspiektivi-rinku-2026/> (дата звернення: 07.05.2026).
35. Круглий стіл із питань виробництва та використання біометану в Україні: матеріали події та тези спікерів 03.04.2026. URL: <https://uabio.org/materials/19293/> (дата звернення: 10.05.2026).
36. Global Bioenergy Statistics Report. 11th ed. WBA, 2024. URL: https://www.worldbioenergy.org/uploads/241023_GBS_Report.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 05.05.2026).
37. World production of biodiesel rises to record level in 2023. URL: https://www.mobilityplaza.org/news/37947?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 04.05.2026).
38. YouControl – повне досьє на кожну компанію України. URL: <https://youcontrol.com.ua> (дата звернення: 06.05.2026).
39. Економіка підприємства: підручник / під заг. ред. д.е.н., проф. Ковальської Л.Л. та проф. Кривов'язюка І.В. Київ: Видавничий дім «Кондор». 2020. 700 с.