

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-344-4-86>

УДК 338.432+658.1

КНЯЗЄВА Олена

Одеський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9853-0637>7234275@gmail.com

ШЕВЧЕНКО Валерій

Одеський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3229-1909>sheva2vv@gmail.com

ПЕТРЕНКО Ольга

Одеський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9722-3785>leka_m@ukr.net

ОСИК Станіслав

Одеський державний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-2566-1417>osykstas@i.ua

ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ЕКОСИСТЕМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АПК В УМОВАХ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ МАЙБУТНЬОГО

Мета статті полягає в дослідженні механізму інтеграції цифрових технологій у виробничі та управлінські процеси, що сприятиме не лише відновленню, але й довгостроковій конкурентоспроможності АПК.

Особливо важливого значення набуває застосування екосистемного моделювання, яке дозволяє розглядати підприємства не ізольовано, а в межах агропродовольчих кластерів та регіональних ланцюгів створення вартості. Такий підхід забезпечує синергію між виробниками, переробниками, науковими установами, логістичними структурами та органами державного управління.

Запропоновано концептуальну модель екосистемної цифровізації підприємств АПК, що поєднує інструменти смарт-агроуправління з механізмами міжгалузевої та міжрегіональної кооперації. Розроблено підхід до оцінки ефективності цифровізації АПК на основі мультикритеріальної моделі, що включає показники продуктивності, інноваційності, екологічної стійкості та соціального ефекту. Обґрунтовано, що екосистемне моделювання забезпечує можливість переходу від відновлення до регенеративного розвитку, де цифрові технології виступають не лише інструментом автоматизації, а й основою для створення інтелектуальних агропродовольчих мереж. Сформовано науково-практичний механізм, який інтегрує цифрову трансформацію, управління якістю та ефективністю у стратегії повоєнного розвитку підприємств АПК. Результати дослідження можуть бути використані керівниками агропромислових підприємств, IT-фахівцями, консультантами з цифрової трансформації для впровадження інноваційних інструментів управління. Запропоновані підходи сприятимуть формуванню нової управлінської культури, заснованої на прозорості даних, цифрових моделях, динамічності та гнучкості у прийнятті управлінських рішень.

В умовах воєнних викликів та руйнування виробничої й логістичної інфраструктури особливої ваги набувають інструменти цифровізації, які дозволяють оптимізувати управління ресурсами, знизити транзакційні витрати та підвищити стійкість аграрних підприємств.

Ключові слова: цифровізація, агропромислове підприємство, екосистемне моделювання, циркулярна економіка, інтелектуальна агропродовольча мережа, цифрова підтримка управлінських рішень, нестабільність телекомунікаційних потужностей, управління цифровими перетвореннями екосистем.

KNIAZIEVA Olena, SHEVCHENKO Valeriy, PETRENKO Olga, OSYK Stanislav

Odesa State Agrarian University

FORMATION OF A MECHANISM FOR DIGITALIZATION AND ECOSYSTEM MODELING OF AGRO-INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE CONDITIONS OF THE CIRCULAR ECONOMY OF THE FUTURE

The purpose of this article is to investigate the mechanism of integrating digital technologies into production and management processes, which will contribute not only to the restoration but also to the long-term competitiveness of the agro-industrial complex. The use of ecosystem modeling is significant, as it allows for considering enterprises not in isolation, but within agro-food clusters and regional value chains. This approach fosters synergy among producers, processors, scientific institutions, logistics structures, and government agencies.

A conceptual model of ecosystem digitalization for agro-industrial complex enterprises is proposed, combining innovative agricultural management tools with mechanisms of inter-sectoral and inter-regional cooperation. An approach to assessing the effectiveness of agro-industrial complex digitalization is developed, based on a multi-criteria model that includes indicators of productivity, innovation, environmental sustainability, and social impact. It is substantiated that ecosystem modeling provides the opportunity to transition from recovery to regenerative development, where digital technologies act not only as an automation tool, but also as the basis for creating intelligent agri-food networks. A scientific and practical mechanism has been established that integrates digital transformation, quality management, and efficiency into the strategy for post-war development of agri-industrial enterprises.

The study's results can be utilized by managers of agro-industrial enterprises, IT specialists, and digital transformation

consultants to implement innovative management tools. The proposed approaches will contribute to the development of a new management culture characterized by data transparency, digital models, dynamism, and flexibility in decision-making.

In the context of military challenges and the destruction of production and logistics infrastructure, digitalization tools that enable optimized resource management, reduced transaction costs, and increased sustainability of agricultural enterprises are of particular importance.

Keywords: digitalization, agro-industrial enterprise, ecosystem modeling, circular economy, intelligent agri-food network, digital support for management decisions, instability of telecommunications capacities, management of digital transformations of ecosystems.

Стаття надійшла до редакції / Received 04.08.2025

Прийнята до друку / Accepted 22.08.2025

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Агропромисловий комплекс України є ключовим сектором національної економіки та гарантом продовольчої безпеки як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках. Сучасна економіка АПК представлена безліччю організацій та підприємств, комунікації між якими динамічно змінюються. Цифровізація та підвищені ризики формують принципово нові бізнес процеси, отже ставлять нові завдання перед підприємствами – відповідати глобальним правилам ведення економіки та одночасно втримати свої позиції в умовах воєнної агресії, що стимулює зміну методів та прийомів прийняття управлінських рішень, оптимізуючи його швидкість та «менталітет» комунікацій. Побудовування екосистемного простору та співробітництво в межах циркулярних продовольчих екосистем передбачає здатність адаптуватися до навколишнього середовища, здійснювати гнучкі трансформації та створювати нові організаційні структури за допомогою попередньо розробленого механізму самоорганізації та трансформації.

Недостатньо розробленими залишаються концептуальні підходи до формування механізмів інтеграції цифрових рішень у систему управління агропідприємствами, методологічні засади адаптації малих і середніх підприємств за допомогою цифрових технологій, а також механізми оцінювання ефективності таких рішень. Це зумовлює актуальність дослідження можливостей і перспективності екосистемного моделювання підприємств, задоволенні потреб у створенні цілісного механізму цифровізації та екосистемного моделювання підприємств АПК для забезпечення якості, ефективності та стійкості аграрного виробництва в умовах відновлення економіки шляхом формування продовольчих екосистем як фундаменту циркулярної економіки АПК.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасних наукових дослідженнях [1–5] та відповідно до актуальних запитів учасників аграрного ринку дедалі більшої популярності набуває концепція інноваційної екосистеми, що розглядається як нова організаційно-економічна модель взаємодії суб'єктів економічної діяльності. Вона виникла як відповідь на потребу підвищення гнучкості та адаптивності бізнесу в умовах динамічного середовища. Термін «бізнес-екосистема» був уперше введений Джеймсом Ф. Муром, який визначив її як «економічне співтовариство, що підтримує фундамент взаємодіючих організацій та індивідів — організмів ділового світу» [6]. Згідно з його підходом, компанії розглядаються не як ізольовані структури, а як елементи більш широкої системи взаємозалежних суб'єктів. Це особливо актуально для підприємств агропромислового комплексу, де ефективність значною мірою залежить від співпраці з постачальниками, переробниками, науковими інституціями та споживачами. Модель екосистеми базується на еволюційному підході, що передбачає не жорстку детермінованість, а гнучкість, динамізм і адаптивність. Компанії, які прагнуть інноваційного розвитку та економічної стійкості, дедалі більше залежать від інших організацій у своєму середовищі. Саме екосистема як організаційно-економічна модель найбільш адекватно відповідає цим вимогам. Фундаментальні теоретичні передумови заклав Людвіг фон Берталанфі у своїй загальній теорії систем [7], де він розглянув відкриті, складні, самоорганізовані та саморозвивальні системи. Подальший розвиток цих ідей у рамках синергетики та міждисциплінарних підходів відкриває нові можливості для побудови адаптивних цифрово-екосистемних моделей управління АПК. Здатність децентралізованої системи виробляти стратегічну реакцію на зміни навколишнього середовища відома вимагає від підприємств стійкості та самоорганізації. Децентралізовані системи за своєю суттю є більш адаптивними та стійкими завдяки своїм розподіленним, модульним та автономним компонентам, що зменшує вразливість до точок відмови в одному місці. Це дозволяє швидше адаптуватися, швидше відновлюватися після збоїв та безперервно надавати послуги, дозволяючи системі підтримувати свої основні функції та реорганізуватися перед обличчям екологічних викликів. Самоорганізація характеризується швидкою діагностикою сучасного економічного стану, формуванням закономірностей, гнучкістю, адаптивністю та динамікою. Девід Тіс (Teese, D. J.) [16], один з провідних дослідників у галузі управління інноваціями, підкреслює, що сучасні бізнес-моделі все більше ґрунтуються на цифровій взаємодії та екосистемному підході. Рон Аднер (Adner, R.) [21], детально розглядає концепцію бізнес-екосистем, наголошуючи на важливості координації та узгодженості між різними учасниками для досягнення спільного успіху. Енн Гавер (Gawer, A.) [18] пояснює роль платформ як

інструменту для стимулювання інновацій, що створює цінність через мережеві ефекти. Eisenmann, T. R., Parker, G., & Van Alstyne, M. W. [17] у науковій праці «Platform envelopment» розглядають стратегії розвитку платформ, їхню здатність створювати домінуючі екосистеми та «охоплювати» суміжні ринки. Ці джерела підтверджують, що цифрові платформи є ключовим механізмом для формування та управління сучасними інноваційними екосистемами, що дозволяє підприємствам АПК ефективно реагувати на виклики повоєнного відновлення. З часом концепція екосистеми набула статусу методологічної основи для обґрунтування різноманітних системних конструкцій, що зумовило появу та розвиток кількох дослідницьких напрямів: екосистем підприємництва, інновацій, цифрових платформ, циркулярних бізнес-моделей та стійких харчових екосистем [19–24]. У цьому контексті екосистемний підхід дедалі частіше застосовується у сфері цифровізації та аграрних інновацій, де він дозволяє об'єднати різні групи учасників у єдині мережі створення вартості, формувати інвестиційні проекти [8–15].

Інноваційну екосистему можна розглядати як еволюційну систему, що самоорганізується та динамічно взаємодіє з природним, соціальним і економічним середовищем. Вона складається з учасників, які розвиваються разом: фірм, споживачів, ринків, інституцій, а також елементів довкілля. Її особливістю є забезпечення спільної еволюції груп та інноваційного середовища завдяки обміну матеріальними потоками, енергією та інформацією. На відміну від традиційних інноваційних систем, екосистеми мають вищий рівень динамізму, що обумовлено не тільки технологічними факторами, але й їхнім взаємозв'язком із соціально-економічними умовами. У цьому контексті особливу роль відіграє цифровізація, яка забезпечує прозорість і керованість складних взаємодій у межах агропродовольчих ланцюгів. Ідеальною умовою функціонування екосистем є домінування принципів симбіозу та співпраці, а не конкуренції. Це робить їх перспективною основою для формування цифрових моделей управління інноваційними процесами, зокрема у сфері сільського господарства та харчової промисловості. Таким чином, екосистемний підхід, у поєднанні з цифровими технологіями та принципами циркулярної економіки, є перспективною основою для формування нового механізму розвитку агропромислового комплексу майбутнього. Він забезпечує інтеграцію економічних, екологічних і соціальних вимірів та створює умови для регенеративного відновлення агропродовольчих систем у посткризовий період.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Важливим завданням є розробка комплексного механізму, що дозволить поєднати цифрові технології, інструменти управління якістю та екосистемний підхід до формування виробничо-логістичних і науково-інноваційних зв'язків циркулярної економіки майбутнього.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета – обґрунтувати теоретико-методичні основи та практичні інструменти формування механізму цифровізації та екосистемного моделювання підприємств АПК в умовах повоєнного відновлення, спрямованого на підвищення якості та ефективності агропродовольчих систем.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких завдань:

- дослідити актуальні виклики та можливості цифрової трансформації підприємств АПК в умовах післявоєнної відбудови;
- розкрити сутність екосистемного підходу та його роль у забезпеченні продовольчої безпеки;
- розробити концептуальну модель екосистемної цифровізації підприємств АПК;
- запропонувати методичні підходи до управління якістю в цифрових агропродовольчих системах;
- визначити критерії та індикатори ефективності цифровізації з урахуванням економічних, екологічних та соціальних параметрів;
- дослідити соціально-економічний ефект цифрових екосистем у розвитку інноваційних циркулярних продовольчих систем;
- сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження цифрових інновацій у процеси відновлення та регенеративного циркулярного розвитку АПК України.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Агропромисловий комплекс України в умовах воєнних викликів зазнав значних структурних та ресурсних втрат, що зумовлює необхідність пошуку нових інструментів для підвищення його стійкості та адаптивності. У процесі повоєнного відновлення саме цифровізація та екосистемне моделювання розглядаються як стратегічні механізми підвищення конкурентоспроможності, ефективності та якості продукції АПК.

Стійкість і самоорганізація в АПК – це здатність підприємств адаптуватися до мінливих умов ринку та зовнішніх ризиків, гнучко трансформуватися та створювати нові, ефективніші структури без централізованого управління. Це дозволяє підприємствам швидко реагувати на виклики, як-от цифровізація та післявоєнне відновлення, забезпечуючи їх виживання та розвиток. Інноваційна екосистема – це динамічна мережа взаємопов'язаних організацій, що співпрацюють для створення, розвитку та комерціалізації нових

продуктів, послуг або бізнес-моделей. Вона включає: підприємства (стартапи, малі та великі фірми); академічні установи (університети, дослідницькі центри); державні структури (органи влади, фонди підтримки); фінансові інститути (венчурні фонди, банки). Ця система функціонує як єдиний організм, де кожен учасник відіграє певну роль, а інформація та ресурси вільно циркулюють, швидко адаптуються до ризиків, трансформуються в знання, а згодом - в інноваційні продукти. В агропромисловому комплексі інноваційна екосистема може об'єднувати фермерів, агротехнологічні стартапи, університети, що розробляють нові сорти культур, та державні програми, що фінансують агроінновації.

Цифрова платформа – це технологічна основа, яка створює віртуальний простір для взаємодії між різними користувачами, забезпечуючи обмін даними, послугами та інформацією. Вона виступає як посередник, що знижує транзакційні витрати та спрощує доступ до ринку. Прикладами цифрових платформ в АПК є:

- платформи для торгівлі сільськогосподарською продукцією, що напряму з'єднують фермерів та покупців;
- платформи для надання послуг, що дозволяють фермерам орендувати техніку чи замовляти агрономічні консультації онлайн;
- платформи для обміну даними, що збирають інформацію з сенсорів у полях та забезпечують фермерів аналітикою для оптимізації врожайності;
- цифровий двійник аграрного підприємства включає взаємодію між фізичним, цифровим та аналітичним рівнями управління, що дозволяє створити кіберфізичну систему з високим рівнем гнучкості та здатністю до самонавчання. Застосування такого підходу створює можливості для розроблення адаптивної стратегії управління в умовах глобалізаційних процесів та економічної нестабільності [12-15].

Інноваційна екосистема може використовувати цифрову платформу як основний інструмент для своєї роботи. Платформа стає ядром, навколо якого формується екосистема. Вона забезпечує швидкий обмін інформацією, допомагає знаходити партнерів та координувати спільні дії, що є ключовим для самоорганізації та адаптації в умовах післявоєнного відновлення. До ключових переваг формування та розвитку циркулярних екосистем у агропродовольчому секторі належать: створення нової якості життя населення, інтеграція принципів та досягнення цілей сталого розвитку, розширення можливостей для виробників і споживачів, а також подолання географічних бар'єрів у доступі до ринків та ресурсів. Водночас, як і будь-яка складна адаптивна система, інноваційні та продовольчі екосистеми залишаються невизначеними та малопередбачуваними у розвитку.

Важливим аспектом їх функціонування є відкритість і прозорість цифрових платформ для всіх учасників, що забезпечує простоту підключення, довіру до алгоритмів ранжування товарів і послуг, а також знижує ризики викривлень у розподілі вартості. Разом з тим виникає так званий парадокс відкритості – напруженість між створенням колективної цінності та індивідуальним її привласненням у процесах спільних інновацій. Це підтверджує необхідність пошуку ефективних механізмів операціоналізації принципів самоорганізації, відкритості й прозорості екосистем у реальних умовах цифрової та циркулярної економіки.

З огляду на те, що продовольчі екосистеми дедалі більше виконують роль приватних регуляторів економічних та соціальних відносин, формують нові практики споживання й доступу до інформації, вони потребують спеціальних інституційних та цифрових механізмів регулювання, спрямованих на забезпечення стійкості глобальних і регіональних продовольчих ланцюгів.

Масштабна цифровізація аграрної економіки веде до появи нових форм взаємодії між підприємствами та до ускладнення існуючих бізнес-моделей на всіх рівнях – від локальних виробничих мереж до транснаціональних агрохолдингів. У цьому контексті формується феномен крос-секторальної взаємодії – партнерства між суб'єктами різних секторів економіки, що базується на спільному створенні інноваційних бізнес-моделей та реалізується через наскрізні цифрові процеси у єдиному інформаційному просторі з дотриманням принципів децентралізації та прозорості. Цифрові платформи у цьому процесі виконують роль ключових інституцій: вони прискорюють доступ до знань, стимулюють економічне зростання, створюють робочі місця, забезпечують інклюзивність і рівність участі різних груп, підвищують інституційну підзвітність і відкривають нові можливості для інновацій на локальному та глобальному рівнях. Виникнення нових галузей і виробничих практик у сільському господарстві відбувається на стику традиційних технологій і нових технологічних ринків. Це зумовлює формування гібридних і циркулярних форм організації бізнесу, які неможливо чітко віднести до окремої галузі чи сектору, але які стають ядром циркулярної економіки майбутнього.

У цьому контексті технологічні платформи слід розглядати як комунікаційні та координаційні інструменти, що забезпечують інтеграцію ресурсів, стимулювання досліджень і розробок, створення нових продуктів та послуг на основі партнерства бізнесу, науки, держави та громадянського суспільства. Водночас вони мають сприяти удосконаленню нормативно-правової бази, що регулює науково-технічний прогрес, цифрову трансформацію та циркулярні інновації. Таким чином, формування механізму цифровізації та екосистемного моделювання підприємств АПК в умовах циркулярної економіки є не лише технологічним чи організаційним завданням, а й стратегічною умовою забезпечення продовольчої безпеки, інноваційної стійкості та соціально-економічного розвитку у повоєнний і довгостроковий перспективі.

Цифрова платформа галузевої екосистеми виступає ядром трансформації агропродовольчого комплексу, забезпечуючи інтеграцію інноваційних проєктів, координацію учасників та створення синергетичного ефекту. Вона функціонує як віртуальний простір взаємодії, побудований на ІТ-основі, що охоплює формати B2B, B2C, B2G та C2G, забезпечуючи взаємодію державного, бізнесового та споживчого секторів.

Соціально-економічний ефект від запровадження цифрових екосистем проявляється у таких напрямках:

- зростання акціонерної та споживчої вартості підприємств. Синергія міжгалузевої взаємодії дає змогу виходити на нові ринки з мінімальними витратами, розширювати охоплення споживачів та формувати нові бізнес-моделі;
- зниження транзакційних витрат. Цифровізація прискорює бізнес-процеси, оптимізує управлінські структури, знижує логістичні витрати та підвищує адаптивність виробництва;
- інтенсифікація інновацій. Платформи забезпечують доступ до технологічних, фінансових та кадрових ресурсів, підтримують НДДКР, прискорюють тестування та комерціалізацію інновацій;
- доступ до нових ринків. Екосистеми відкривають експортні можливості та надають консалтингову й маркетингову підтримку завдяки інтеграції малих і середніх підприємств у ланцюги постачання та зниженню бар'єрів доступу;
- зниження корупційних ризиків. Принцип цифрової прозорості забезпечує простежуваність операцій, підвищує довіру між учасниками та мінімізує адміністративні бар'єри.

Особливе значення цифрові екосистеми набувають у контексті циркулярної економіки. Модель спільного використання ресурсів («економіка спільного споживання») сприяє підвищенню інтенсивності використання існуючих продуктів і ресурсів, розвитку орендних сервісів та кооперації між малими й середніми підприємствами. Водночас сучасні інноваційно-промислові екосистеми, трансформуючись у цифрові, часто не охоплюють повний спектр учасників (від науковців до виробничого бізнесу). Це зумовлює фрагментарність, дублювання функцій та відсутність стратегічної цілеспрямованості. Тому перспективним завданням є створення цілісної цифрової екосистеми АПК, яка синхронізує науково-технічний прогрес кількох секторів економіки, забезпечує максимізацію синергетичного ефекту, та формує нову ціннісну пропозицію, орієнтовану на підтримку підприємництва у сфері циркулярної економіки.

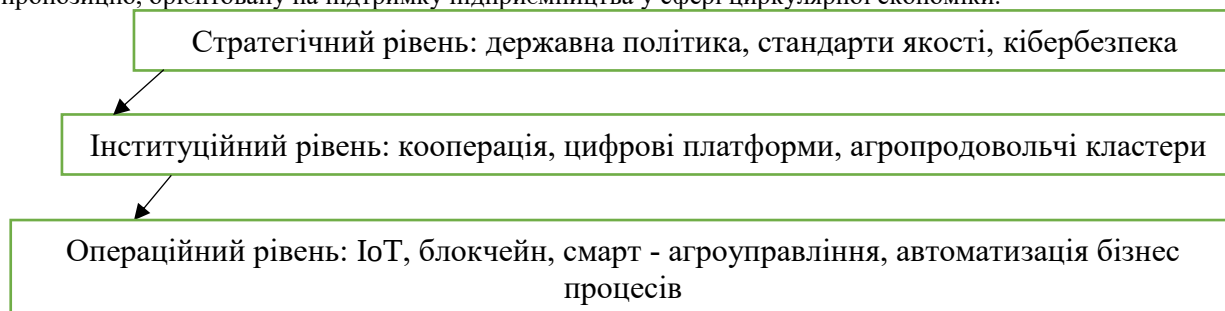


Рис. 1. Рівні екосистемної цифровізації підприємств АПК

Концептуальна модель екосистемної цифровізації підприємств – це структура, що відображає взаємозв'язок між технологіями, організаційними змінами та людським фактором для створення стійкої та ефективної екосистеми. Ця модель фокусується не лише на впровадженні цифрових інструментів, а й на їх інтеграції в цілісний механізм співпраці. Вона складається з чотирьох ключових компонентів:

1. Фундамент: цифрова інфраструктура, основа, на якій будується вся екосистема. Вона включає:

- апаратне забезпечення: сенсори, дрони, роботизована техніка, IoT-пристрої, які збирають дані.
- програмне забезпечення: спеціалізовані платформи для управління фермерським господарством (Farm Management Software), CRM-системи, аналітичні інструменти.
- зв'язок: швидкісний інтернет, 5G-мережі, супутниковий зв'язок, що забезпечують передачу даних у режимі реального часу.

2. Ядро: цифрова платформа, яка є центральним елементом моделі, що забезпечує взаємодію всіх учасників екосистеми і має такі функції:

- збір і аналіз даних: платформа збирає інформацію з різних джерел (поля, ринок, погода) та перетворює її на корисні інсайти;
- мережева взаємодія, яка об'єднує фермерів, постачальників, переробників, логістів та кінцевих споживачів.
- сервіси та послуги: надає доступ до цифрових послуг, як-от фінансові інструменти, агрономічні консультації, моніторинг посівів.

3. Нарощування. Цей компонент відображає, як учасники екосистеми взаємодіють між собою, використовуючи можливості платформи.

- вертикальна інтеграція: інтеграція процесів між виробниками, переробниками та дистриб'юторами для оптимізації всього ланцюга постачання.
- горизонтальна співпраця: Спільна діяльність між конкурентами або партнерами для вирішення спільних проблем, наприклад, обмін даними для запобігання поширенню хвороб рослин.
- прийняття рішень на основі даних: Використання аналітики для оптимізації ресурсів, зниження ризиків та підвищення ефективності.

4. Результат - це кінцева мета моделі – створення цінності для всіх учасників та забезпечення сталості, яка включає:

- економічна цінність: збільшення прибутку та зниження витрат.
- екологічна цінність: зменшення впливу на навколишнє середовище, оптимізація використання ресурсів.
- соціальна цінність: підвищення прозорості та довіри, покращення умов праці.
- адаптивність: здатність екосистеми швидко реагувати на зміни ринку, клімату та політичні ризики, що особливо важливо в умовах повоєнного відновлення.

Ця модель підкреслює, що цифровізація – це не просто встановлення нових технологій, а цілісна трансформація, спрямована на побудову стійких та гнучких мереж співпраці.

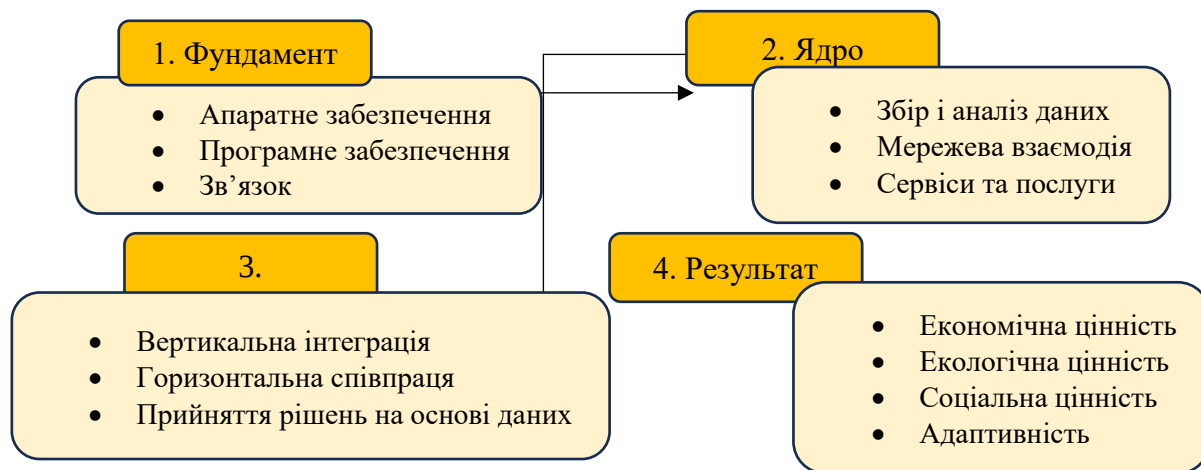


Рис. 2. Концептуальна модель екосистемної цифровізації підприємств АПК

Критерії оцінки ефективності цифровізації підприємств АПК в контексті побудови циркулярних продовольчих екосистем можна розділити на кілька груп: економічні, екологічні, соціальні та управлінські.

Економічні критерії:

- зниження операційних витрат: оцінка зменшення витрат на паливо, добрива, воду та робочу силу завдяки оптимізації процесів (наприклад, точне землеробство);
- збільшення врожайності та продуктивності: вимірювання зростання обсягів виробництва на одиницю площі чи ресурсу;
- зростання прибутку: аналіз динаміки фінансових показників, включаючи рентабельність та інвестиційну привабливість;
- зменшення втрат: оцінка скорочення втрат продукції на всіх етапах ланцюга (від поля до споживача) завдяки автоматизації та моніторингу.

Екологічні критерії:

- зменшення вуглецевого сліду: вимірювання скорочення викидів парникових газів від агропромислового виробництва;
- оптимізація використання ресурсів: оцінка ефективності використання води та енергії;
- зменшення утворення відходів: аналіз обсягів відходів та їх подальшої переробки або повторного використання в рамках циркулярної моделі;
- збереження біорізноманіття та здоров'я ґрунту: вимірювання впливу цифрових рішень (наприклад, мінімального обробітку ґрунту) на стан екосистеми.

Соціальні критерії:

- підвищення якості та безпеки продукції: оцінка відповідності продукції стандартам якості та простежуваність її походження;
- поліпшення умов праці: аналіз зменшення фізичного навантаження на працівників та підвищення безпеки роботи;

- створення нових робочих місць (оцінка кількості нових високотехнологічних робочих місць, що виникли завдяки цифровізації);
 - стійкість та стійкість до зовнішніх шоків (здатність підприємства швидко адаптуватися до змін на ринку та в умовах післявоєнного відновлення).
- Управлінські критерії:
- швидкість прийняття рішень (оцінка скорочення часу, необхідного для аналізу даних та прийняття управлінських рішень);
 - прозорість ланцюга поставок (можливість відстежувати рух продукції від виробника до кінцевого споживача);
 - ефективність комунікацій (аналіз покращення взаємодії між усіма учасниками екосистеми (фермери, переробники, логісти, споживачі);
 - інтеграція з іншими підприємствами (оцінка здатності до співпраці та обміну даними з партнерами в рамках циркулярної екосистеми).



Рис. 3. Критерії оцінки ефективності цифровізації підприємств АПК

Формування механізму цифровізації та екосистемного моделювання підприємств АПК в умовах циркулярної економіки стикається зі значними проблемами, особливо в умовах нестабільного забезпечення телекомунікаційних потужностей. Однак, існують і значні перспективи, пов'язані з адаптивними підходами та інноваційними рішеннями. Головною проблемою є відсутність надійного та стабільного інтернет-зв'язку, що є критичним для функціонування цифрових платформ та обміну даними. Це унеможливує використання "хмарних" рішень, віддалений моніторинг техніки, своєчасний збір даних із сенсорів та дронів. В умовах бойових дій або післявоєнного відновлення інфраструктура може бути пошкодженою, що затримує або повністю блокує цифрові трансформації. Впровадження інноваційних рішень, таких як системи точного землеробства, "розумні" ферми та IoT-пристрої, вимагає значних інвестицій. Для підприємств, що перебувають у стані післявоєнної відбудови, ці витрати можуть бути непосильними, особливо за відсутності державної підтримки та доступних кредитів. Перехід до цифрових технологій вимагає нових знань та навичок від працівників. Брак кваліфікованих фахівців, здатних працювати з аналітичними платформами, управляти цифровими процесами та обслуговувати складну техніку, є серйозним бар'єром. Відсутність єдиних стандартів та протоколів обміну даними між різними цифровими системами створює проблеми інтеграції. Різні підприємства можуть використовувати несумісне програмне забезпечення та обладнання, що ускладнює формування єдиної циркулярної екосистеми.

Незважаючи на вищезгадані проблеми, існують значні перспективи, реалізація яких можлива завдяки науково обґрунтованим підходам, серед яких варто виділити використання автономних та "офлайн" рішень. Для подолання проблеми нестабільного зв'язку слід робити акцент на технологіях, що можуть працювати в "офлайн"-режимі. Це автономні роботизовані системи, які збирають дані та виконують завдання без постійного підключення до мережі, а синхронізація даних відбувається лише тоді, коли зв'язок доступний. Також ефективними можуть бути локальні мережі LoRaWAN або приватні 5G мережі. Можна також

розробити гібридні "хмарні" платформи, які зберігають копії даних на локальних серверах підприємств. Це дозволяє продовжувати роботу навіть за відсутності доступу до центрального "хмарового" сховища.

Замість того, щоб кожне підприємство інвестувало самостійно, варто стимулювати формування кластерів, кооперуватися, де кілька підприємств об'єднують ресурси для спільного використання дорогих технологій (наприклад, аграрних дронів, спеціалізованої техніки). Це зменшує фінансове навантаження на кожного учасника і сприяє обміну знаннями. Проблеми з ресурсами та відходами післявоєнного відновлення можуть бути вирішені через принципи циркулярної економіки. Цифрові платформи можуть відстежувати та оптимізувати використання ресурсів, а також створювати можливості для переробки та повторного використання відходів. Платформа може з'єднувати підприємства-виробників відходів з підприємствами, які використовують ці відходи як сировину.

Держава та бізнес повинні інвестувати в підготовку кадрів, створюючи спеціалізовані освітні програми та курси. Це підвищить цифрову грамотність працівників та забезпечить стійкість інноваційного розвитку. Хоча нестабільність телекомунікацій є серйозним викликом, це не є нездоланною перешкодою для цифровізації. Застосування адаптивних технологічних рішень, розвиток кластерних моделей співпраці та активне впровадження принципів циркулярної економіки дозволить підприємствам АПК не тільки вижити, а й створити нові конкурентні переваги в умовах післявоєнного відновлення.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Воєнні руйнування інфраструктури та логістики призвели до зниження ефективності аграрного виробництва, втрати експортних позицій та скорочення інвестицій. Водночас криза стимулює впровадження цифрових рішень, які знижують транзакційні витрати, дозволяють управляти ризиками та забезпечують прозорість ланцюгів поставок. Екосистемне моделювання є перспективним засобом для створення цінності та вирішення масштабних викликів шляхом розвитку циркулярної економіки та дозволяє інтегрувати підприємства АПК у мережеві структури взаємодії з науковими установами, сервісними компаніями, фінансовими організаціями та державними інституціями. Це сприяє формуванню інноваційних агропродовольчих кластерів та підвищенню регіональної продовольчої безпеки. Запропоновано модель у відповідності до стратегічного, інституційного та операційного рівня цифровізації підприємств АПК, яка сформована з чотирьох блоків: фундаменту, ядра, нарощування та результату і акцентована на трансформацію у стійкі та гнучкі мережі співпраці. Уточнено, що якість у цифровому АПК розглядається як інтеграція харчової безпеки, екологічної відповідальності та ефективності технологічних процесів.

Ефективність цифрових рішень пропонується оцінювати за чотирма групами індикаторів: економічні (рівень продуктивності, зниження витрат, зростання рентабельності); екологічні (скорочення викидів, ресурсозбереження);

соціальні (створення робочих місць, підвищення якості життя у сільських громадах); інноваційні (швидкість впровадження нових технологій, рівень цифрової зрілості підприємства).

Розроблено пропозиції щодо інтеграції цифрових технологій у стратегії розвитку АПК, зокрема створення національної цифрової агроплатформи для інтеграції виробників та споживачів; формування регіональних агроінноваційних кластерів; стимулювання кооперації через смарт-контракти та блокчейн; впровадження державних грантових і кредитних програм підтримки цифровізації АПК у повоєнний період.

Реалізація запропонованого механізму сприятиме прискоренню відновлення агропромислового комплексу України, формуванню прозорих та ефективних агропродовольчих ланцюгів вартості та підвищенню якості та конкурентоспроможності агропродукції на внутрішньому та світових ринках. Цифровізація та екосистемне моделювання розвитку агропродовольчих кластерів та механізму переходу від відновлення до регенеративного розвитку, орієнтованого на стійкість і довгострокове зростання є ключовими драйверами трансформації агропромислового комплексу України в умовах повоєнного відновлення. Вони забезпечують інтеграцію технологій, управлінських практик і кооперативних зв'язків, що формує передумови для підвищення якості продукції, ефективності виробництва та стійкості національної продовольчої системи. Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні та імплементації механізмів циркулярності та цифрової доступності і всеосяжності у систему стратегічного та антикризового управління підприємств, а також у розробці методик оцінювання ефективності сучасної трансформації підприємств АПК.

Література

1. Adner R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem //Harvard business review. – 2006. – Т. 84. – №. 4. – С. 98.
2. Zhao, Y.; Guo, C.; Chen, X. Inter-Organizational Connectivity, Digital Transformation, and Firm Ambidextrous Innovation: A Coupled Perspective on Innovation Ecosystems and Digitalization. Sustainability 2025, 17, 6466. <https://doi.org/10.3390/su17146466>
3. Goertler T. et al. Building digital platform ecosystems: A synthetization of fundamental design topics from a literature review //Digital Business. – 2025. – С. 100109.

4. Sun, B.; Yu, J.; Khattak, S.I.; Tariq, S.; Zahid, M. Digital Innovation, Business Models Transformations, and Agricultural SMEs: A PRISMA-Based Review of Challenges and Prospects. *Systems* 2025, 13, 673. <https://doi.org/10.3390/systems13080673>
5. Reim W., Tabares S., Parida V. Small and medium-sized enterprises and the circular economy: Leveraging ecosystem strategies for circular business model implementation // *Organization & Environment*. – 2025. – Т. 38. – №. 2. – С. 257-283.
6. Moore J.F. Predators and prey: a new ecology of competition. *Harv Bus Rev.* 1993 May-Jun;71(3):75-86. PMID: 10126156.
7. van Bertalanffy L. General system theory: Foundations, development, applications. – Braziller, 1998.
8. Linde, N., Balian, A., Shabatura, T., Gryshova, I., Petrenko, O., Shevchenko, A. (2024). Agricultural Technologies as a Tool for Integrating Artificial Intelligence into the Agricultural Infrastructure of Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), 26–47. Retrieved from: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr02>
9. Mügge, J.; Seegrün, A.; Hoyer, T.-K.; Riedelsheimer, T.; Lindow, K. Digital Twins within the Circular Economy: Literature Review and Concept Presentation. *Sustainability* 2024, 16, 2748. <https://doi.org/10.3390/su160727482>.
10. Шевченко, В., Замлинська, О. (2025). Цифрові двійники як інноваційний інструмент сталого розвитку агропромислових підприємств. *Актуальні питання економічних наук*, (13). <https://doi.org/10.5281/zenodo.16810175>
11. Pylianidis, Christos, Sjoukje Osinga, and Ioannis N. Athanasiadis. "Introducing digital twins to agriculture." *Computers and Electronics in Agriculture* 184 (2021): 105942.
12. Замлинський В.А. Циркулярна економіка та продовольча безпека в контексті формування стійкої харчової екосистеми підприємств АПК. *Food Industry Economics*. 2025.Vol 17(1).Р. 41-47.DOI <https://doi.org/10.15673/fie.v17i1.310218>
13. Шабатура, Т. С., Замлинська, О. В., Осик, С. В., Селезньова, Г. О. (2023). Цифрові аспекти стратегічного управління як інструменту підвищення економічної ефективності діяльності компанії. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права*, (3), 71–79. Retrieved from https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/45302/1/apie_2023_3_13.pdf
14. Халін С.В., Князева О.А., Замлинська О.В., Шевченко В.В., Голованова Г. Є. Сучасні стійкі стратегії формування інвестиційних проєктів підприємств АПК. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права*. 12.04.2025. <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2025-3-6>
15. Zamlynskyi, V., Shabatura, T., Zamlynska, O., et al. (2023). Perspective chapter: Exploring the possibilities and technologies of the digital agricultural platform. In *Sustainable Development*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112358>. Retrieved from <https://www.intechopen.com/online-first/8782811>
16. Teece, D.J., 2018. Business models and dynamic capabilities. *Long range planning*, 51 (1), 40–49.
17. Eisenmann T., Parker G., Van Alstyne M. Platform envelopment // *Strategic management journal*. – 2011. – Т. 32. – №. 12. – С. 1270-1285.
18. Gawer A. Digital platforms' boundaries: The interplay of firm scope, platform sides, and digital interfaces // *Long range planning*. – 2021. – Т. 54. – №. 5. – С. 102045.
19. Zamlynskyi, V., Diachenko, O., Halytskyi, O. & Levina-Kostiuk, M. (2024). Development of Ecologically Safe Production: Digital Trends in the Agri-Food Sector. *Digital Agricultural Ecosystem: Revolutionary Advancements in Agriculture*, 71–90. <https://doi.org/10.1002/9781394242962.ch5>
20. Zamlynskyi V., Zhuk N., Osyk S., Martiyanova M. Modern business diagnostics: digital maturity and ecosystem recovery. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2023. Volume 8. № 3, pp. 18 – 25.
21. Adner R. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy // *Journal of management*. – 2017. – Т. 43. – №. 1. – С. 39-58.
22. Volz F. et al. Digital ecosystems and their impact on organizations—A dynamic capabilities approach // *International Journal of Management Reviews*. – 2025. – Т. 27. – №. 3. – С. 398-419.
23. Kanda W. et al. Orchestration in mature entrepreneurial ecosystems towards a circular economy: A dynamic capabilities approach // *Business Strategy and the Environment*. – 2025. – Т. 34. – №. 4. – С. 4747-4765.
24. Mehmood, Khalid, et al. "Digitalization in the circular economy: synergistic impact of big data analytics, green internet of things, and ambidextrous green innovation." *Journal of Cleaner Production* (2025): 145610.

References

1. Adner, R. (2006). Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), 98.
2. Zhao, Y., Guo, C., & Chen, X. (2025). Inter-organizational connectivity, digital transformation, and firm ambidextrous innovation: A coupled perspective on innovation ecosystems and digitalization. *Sustainability*, 17(14), 6466. <https://doi.org/10.3390/su17146466>
3. Goertler, T., Hoberg, P., Knie-Andersen, M., & Wloka, H. F. (2025). Building digital platform ecosystems: A synthesis of fundamental design topics from a literature review. *Digital Business*, 7, 100109. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100109>
4. Sun, B., Yu, J., Khattak, S. I., Tariq, S., & Zahid, M. (2025). Digital innovation, business models transformations, and agricultural smes: A prisma-based review of challenges and prospects. *Systems*, 13(8), 673. <https://doi.org/10.3390/systems13080673>

5. Reim, W., Tabares, S., & Parida, V. (2025). Small and medium-sized enterprises and the circular economy: Leveraging ecosystem strategies for circular business model implementation. *Organization & Environment*, 38(2), 257-283.
6. Moore, J. F. (1993). Predators and prey: A new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), 75-86.
7. von Bertalanffy, L. (1998). *General system theory: Foundations, development, applications*. Braziller.
8. Linde, N., Balian, A., Shabatura, T., Gryshova, I., Petrenko, O., & Shevchenko, A. (2024). Agricultural technologies as a tool for integrating artificial intelligence into the agricultural infrastructure of Ukraine. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 7(3), 26-47. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.0703ukr02>
9. Mügge, J., Seegrün, A., Hoyer, T. K., Riedelsheimer, T., & Lindow, K. (2024). Digital twins within the circular economy: Literature review and concept presentation. *Sustainability*, 16(7), 2748. <https://doi.org/10.3390/su16072748>
10. Shevchenko, V., & Zamlynska, O. (2025). Tsyfrovi dviinyky yak innovatsiyni instrument staloho rozvytku ahropromyslovykh pidpriemstv [Digital twins as an innovative tool for the sustainable development of agro-industrial enterprises]. *Aktualni pytannia ekonomichnykh nauk [Topical issues of economic sciences]*, (13). <https://doi.org/10.5281/zenodo.16810175>
11. Pylianidis, C., Osinga, S., & Athanasiadis, I. N. (2021). Introducing digital twins to agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184, 105942. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.105942>
12. Zamlynskyi, V. A. (2025). Tsyrkuliarna ekonomika ta prodovolcha bezpeka v konteksti formuvannya stiikoi kharchovoi ekosystemy pidpriemstv APK [Circular economy and food security in the context of forming a sustainable food ecosystem of agro-industrial enterprises]. *Food Industry Economics*, 17(1), 41-47. <https://doi.org/10.15673/fie.v17i1.3102>
13. Shabatura, T. S., Zamlynska, O. V., Osyk, S. V., & Seleznova, H. O. (2023). Tsyfrovi aspekty stratehichnoho upravlinnia yak instrumentu pidvyshchennia ekonomichnoi efektyvnosti diialnosti kompanii [Digital aspects of strategic management as a tool for increasing the economic efficiency of a company's activities]. *Aktualni problemy innovatsiinoi ekonomiky ta prava [Actual problems of innovative economy and law]*, (3), 71-79. https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/45302/1/apie_2023_3_13.pdf
14. Khalin, S. V., Kniazieva, O. A., Zamlynska, O. V., Shevchenko, V. V., & Holovanova, H. Ye. (2025). Suchasni stiiki stratehii formuvannya investytsiinykh proektiv pidpriemstv APK [Modern sustainable strategies for the formation of investment projects of agro-industrial enterprises]. *Aktualni problemy innovatsiinoi ekonomiky ta prava [Actual problems of innovative economy and law]*. <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2025-3-6>
15. Zamlynskyi, V., Shabatura, T., & Zamlynska, O. (2023). Perspective chapter: Exploring the possibilities and technologies of the digital agricultural platform. In *Sustainable development*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112358>
16. Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40-49.
17. Eisenmann, T., Parker, G., & Van Alstyne, M. (2011). Platform envelopment. *Strategic Management Journal*, 32(12), 1270-1285.
18. Gawer, A. (2021). Digital platforms' boundaries: The interplay of firm scope, platform sides, and digital interfaces. *Long Range Planning*, 54(5), 102045.
19. Zamlynskyi, V., Diachenko, O., Halytskyi, O., & Levina-Kostiuk, M. (2024). Development of ecologically safe production: Digital trends in the agri-food sector. In *Digital agricultural ecosystem: Revolutionary advancements in agriculture* (pp. 71-90). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394242962.ch5>
20. Zamlynskyi, V., Zhuk, N., Osyk, S., & Martiyanova, M. (2023). Modern business diagnostics: Digital maturity and ecosystem recovery. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, 8(3), 18-25.
21. Adner, R. (2017). Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of Management*, 43(1), 39-58.
22. Volz, F., Hess, T., & Matt, C. (2025). Digital ecosystems and their impact on organizations—A dynamic capabilities approach. *International Journal of Management Reviews*, 27(3), 398-419.
23. Kanda, W., Hjelmgren, D., & Meissner, D. (2025). Orchestration in mature entrepreneurial ecosystems towards a circular economy: A dynamic capabilities approach. *Business Strategy and the Environment*, 34(4), 4747-4765.
24. Mehmood, K., Abrar, M., Ko, E., & Khan, S. J. (2025). Digitalization in the circular economy: Synergistic impact of big data analytics, green internet of things, and ambidextrous green innovation. *Journal of Cleaner Production*, 494, 145610. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145610>