DOI 10.31891/2307-5732-2025-347-31
УДК 631.36:631.56

ЛИПНИЦЬКИЙ РОМАН
Вінницький національний аграрний університет
https://orcid.org/0009-0001-3711-5632
e-mail: lroma5105@gmail.com
ХОЛОДЮК ОЛЕСАНДР
Вінницький національний аграрний університет
https://orcid.org/0000-0002-4161-6712
e-mail: holodyk@vsau.vin.ua

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У ЗБЕРІГАННІ ТА ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Світ, у якому ми живемо, постійно змінюється, і ці зміни впливають на всі аспекти нашого життя, включаючи сільське господарство. Збільшення кількості населення, зміна клімату, урбанізація та підвищені вимоги споживачів до якості та безпеки продуктів харчування створюють нові виклики для сільського господарства. Тому особливої актуальності набувають технологічні інновації у сфері зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. У статті детально розглянуто роль цифрових технологій у трансформації агропромислового сектору. Особливу увагу приділено аналізу таких інноваційних рішень, як точне землеробство, автоматизація виробничих процесів, використання систем штучного інтелекту та машинного навчання.

Ключові слова: цифрові технології, агропромисловий сектор, автоматизація, штучний інтелект, сталий розвиток, інновації.

LIPNITSKIY Roman
Vinnytsia National Agrarian University
KHOLODIUK Oleksandr
Vinnytsia National Agrarian University

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN STORAGE AND PROCESSINGAGRICULTURAL PRODUCTS

The world we live in is constantly changing, and these changes affect all aspects of our lives, including agriculture. Population increase, climate change, urbanization and increased consumer demands for food quality and safety create new challenges for agriculture. That is why technological innovations in the field of storage and processing of agricultural products are becoming particularly relevant. The article discusses in detail the role of digital technologies in the transformation of the agro-industrial sector. Special attention is paid to the analysis of such innovative solutions as precision agriculture, automation of production processes, use of artificial intelligence and machine learning systems. These technologies make it possible to optimize resources, reduce the impact of the human factor, increase productivity and ensure high quality, significant emphasis is placed on the implementation of modern methods of monitoring justified climatic conditions, the use of drones, sensors and specialized software solutions for plant protection and yield forecasting. It is shown how these approaches contribute to a more rational use of water and land resources, as well as minimizing the negative impact on the environment.

The article also contains an analysis of the main challenges that arise during the implementation of digital solutions in the agricultural sector. Among them are high initial investments, necessary improvement of digital literacy of farmers and adaptation of legislative norms. At the same time, the prospects of digitalization are highlighted, in particular, its role in ensuring global food security, reducing product losses at all stages of production, and achieving the goals of sustainable development.

Thus, the work emphasizes the need to integrate innovative approaches in agriculture as a key condition for solving modern problems and ensuring the long-term development of the industry.

Keywords: digital technologies, agro-industrial sector, automation, artificial intelligence, sustainable development, innovations.

Постановка проблеми

Україна є одним із лідерів аграрного сектора, де близько 40% експорту припадає на сільськогосподарську продукцію, однак проблеми технологічних інновацій у зберіганні та переробці продукції залишаються надзвичайно актуальними. Застарілі системи зберігання спричиняють втрати до 30-40% врожаю через плісняву, шкідників і недосконалі умови транспортування, тоді як низький рівень автоматизації та залежність від ручної праці знижують продуктивність і збільшують витрати. Використання застарілих методів переробки не дозволяє зберегти якість одержаної продукції, споживає значну кількість енергії та знижує конкурентоспроможність на ринку. Недостатнє впровадження цифрових технологій, таких як IoT та штучний інтелект, ускладнює контроль умов зберігання, ефективність планування та прогнозування врожайності, а застарілі методи та практики посилюють негативний екологічний вплив. Це підкреслює нагальну потребу в масштабній модернізації, спрямованій на впровадження автоматизованих рішень, енергоефективних технологій переробки, цифрових систем моніторингу та екологічно безпечних заходів, що дозволяють підвищити якість продукції, зменшити втрати, мінімізувати витрати паливно-мастильних матеріалів та забезпечити сталий розвиток аграрного сектору України.

Аналіз останніх джерел

Агропродовольча промисловість – галузь економіки, що призначена задля забезпечення населення продовольством і отримання сировини для промисловості. Галузь сільського господарства представлена майже у всіх країнах. Сектор є надійним і складним, що створює широкий спектр технологічних та операційних проблем.

У своїй роботі Хахула Б.В. зазначає, що підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва можливо завдяки впровадження інноваційної діяльності. Інновації в сільському господарстві включають удосконалення виробничих технологій, модернізацію технічного обладнання, оптимізацію кожного етапу виробничого процесу та зміцнення конкурентних позицій.

Щоб покращити сільськогосподарське виробництво та якість продукції, а також задовольнити потреби постійного зростання потреб людства, агропродовольча промисловість повинна розробляти інноваційні та стійкі рішення ринку, як зазначають у своїй книзі Торрес Х. Л., і Перес К. Д. [2].

Аграрний сектор переживає цифрову революцію. В даний час комп'ютери використовують у всіх процесах, пов'язаних із сільським господарством, від машин до системи прийняття рішень, завдяки використанню робіт, датчиків і технологій кіберфізичних систем зазначає Джон М. Хілл у своїй книзі «*Стале сільське господарство: досягнення в системах сталого сільського господарства»* [3].

Торрес і П'єр у своїй статті «*Блокчейн для управління ланцюгом постачання сільськогосподарської продукції»* [5], зазначають, що завдяки використанню інтегрованої системи підтримки прийняття рішень у поєднанні з передовими інтернет-мережами та послугами, агропродовольчий сектор має великий потенціал для радикальних покращень з точки зору інтелекту, ефективності, сталого розвитку та продуктивності.

Цей особливий потенціал актуальний при розгляді цифрового агропродовольчого підходу, який прискорює та підтримує сільське господарство з точки зору сталого розвитку, управління земельними ресурсами, якості життя та конкурентоспроможності. Наприклад, пристрої для збору даних або збору даних, такі як дрони та датчики, можна об'єднувати з технологіями Інтернету речей (IoT). Ці пристрої можуть взаємодіяти з програмним забезпеченням для прийняття рішень щодо інформування у сільському господарстві та полегшення управління полями. Це дозволяє ефективно контролювати, де і як використовувати стратегії боротьби зі шкідниками або бур'янами, збирати врожай або зрошувати поля.

Таким чином, використання цифрових технологій, таких як IoT, великий, штучний інтелект та блокчейн, відкриває нові можливості для вирішення проблем у галузі зберігання та переробки сільськогосподврської продукції. Ці технології змінюють спосіб ведення бізнесу компаніями, після чого вони впливають на операційну рутину та створюють нові способи зв'язку з клієнтами, постачальниками та зацікавленими сторонами.

Простіше кажучи, використання цифрових технологій в агропродовольчому секторі спрямоване на вирішення стійких проблем шляхом підвищення та зменшення тиску на учасників агропродовольчих поставок.

Метою роботи є: аналіз сучасного стану та визначення впровадження технологічних інновацій у зберігання та переробку сільськогосподарської продукції для підвищення ефективності, зменшення витрат, покращення якості продукції та зниження екологічного впливу.

Виклад основного матеріалу

Технологічний прогрес у сільському господарстві задовольняє зростаючий попит на автоматизацію, цифровізацію та сталий розвиток у фермерських господарствах. Останні тенденції в сільському господарстві знаменують собою перехід до розумного землеробства та ефективного використання часу та ресурсів при одночасному зниженні втрат врожаю. Розумне землеробство – це нова концепція, яка використовує такі технології, як Інтернет речей (IoT), комп'ютерний зір та штучний інтелект (AI) для управління сільським господарством. Роботи та дрони прискорюють автоматизацію ферми чи господарства в цілому, замінюючи ручні завдання на фермі, такі як збір фруктів, прополка бур'янів або обприскування. Знімки з дронів і супутників у поєднанні з глобальною системою позиціонування (GPS) забезпечують зображення полів з високою роздільною здатністю та урахуванням місцевості. Також ІЧ-пристрої на основі сенсорних технологій збирають дані про поля в режимі реального часу, що дозволяє фермерам приймати рішення на основі конкретних даних.[4]

Сучасний розвиток точного землеробства та внутрішнього землеробства сприяє активному впровадженню інформаційно-комунікаційних технологій в управління сільським господарством. Завдяки цим інноваціям аграрна практика переживає революційні зміни, які забезпечують стійке зростання та екологічно збалансоване майбутнє. Основними напрямками стають підвищення врожайності, оптимізація технологій.

Ефективне впровадження інновацій включає створення нових сортів рослин, удосконалення технологій обробки ґрунту, технічного забезпечення, а також хімічні розробки, як нові добрива та засоби захисту рослин. Головну роль у цьому процесі виконують керівники сільськогосподарських підприємств, наукових установ, насіннєвих господарств, селекційних підприємств, машинобудівних заводів [6].

Основними стримуючими факторами залишаються високі фінансові витрати, тривалі строки впровадження, недостатня платоспроможність, а також обмежена інформованість про новітні технології. Водночас впровадження великих даних та аналітичних інструментів створює нові можливості для оптимізації фермерської діяльності. Збір та аналіз інформації про площу полів, врожайності, погодних умов, якості ґрунту і ціни на продукцію дозволяють фермерам прийняти обґрунтовані рішення, що підвищують ефект.

Використання даних про поживність ґрунту, рівень вологості, кислотність і потребу в добривах стає ключовим у впровадженні інноваційних рішень. Стартапи, які спеціалізуються на аналітиці,

допомагають аграріям виявляти важливі закономірності, що раніше залишилися поза увагою, тим самим сприяючи сталому розвитку агропромислового комплексу України.

Так відомий індійський стартап Fyllo, який використовує хмарні технології для збору та аналізу даних фермерських господарств за допомогою спеціальних пристроїв, розташованих на всій фермі, створено моніторинг різних параметрів, що дозволяє створювати дані моделі в реальному часі. Це дає фермерам можливість отримувати прогнози щодо врожаю, потреби у збільшенні, а також виявлення шкідників і хвороб. Крім того, стартап надає персоналізовані рекомендації щодо використання добрив.

AgriData Innovations (ADI) - нідерландський стартап, який використовується збором, аналізом і візуалізацією даних фермерських господарств, зокрема для теплиць. Він розробляє програмне забезпечення з функціями передачі даних і управління, яке здатне детально обробляти зображення - від загальних до конкретних листків певної культури. Це дозволяє фермерам чи керівникам господарств прийняти більш точні рішення. Стартап також застосовує нейронні мережі та технології обробки зображень для оцінки здоров'я рослин, розміру листя та інших параметрів, що покращує їх ріст та розвиток [7].

Економія сільськогосподарської продукції є одним з найважливіших аспектів агропромислового комплексу. Від ефективності цієї діяльності залежить забезпечення продовольчої безпеки, зменшення втрат врожаю, підвищення якості продукції та підтримання економічної стабільності сільськогосподарських підприємств. У сучасних умовах традиційні способи зберігання поступово витісняються інноваційними технологіями, заснованими на досягненнях науки, техніки та новітніх матеріалів. Головною метою впровадження інновацій в цій області є забезпечення максимальної тривалості зберігання продукції при мінімальних витратах ресурсів і збереженні її природних властивостей. Сьогодні розробляються технології, що враховують специфіку різних видів сільськогосподарської продукції: круп, овочів, фруктів, м'яса, молока та ін. Це дозволяє нам значно скоротити втрати продукції, які на світовому рівні становлять мільйони тонн щороку.

Розлянувши данні які наведено в Таблиці 1, ми можемо побачити, що найнижчі втрати будуть при виористанні системи CAS, а от найбільші втрати будуть коли технології взагалі не використовуються.

Таблиця 1

Втрати продукції при різних технологіях зберігання

Технологія зберігання	Втрати (%)
Без технології	30
Вакуумне пакування	10
Система CAS	5
Озонування	7

Одним з ключових напрямків є використання контрольованого середовища. Це передбачає управління параметрами температури, вологості, концентрації газу та освітлення у сховищах. Наприклад, для зберігання фруктів і овочів використовується технологія модифікованої атмосфери. Вона полягає в створенні середовища зі зниженим вмістом кисню і підвищеним рівнем вуглекислого газу, що уповільнює процеси дихання і старіння продуктів.

Ще одним інноваційним підходом є використання нанотехнологій. Наноматеріали використовуються для створення пакувальних матеріалів, які мають антимікробні властивості, захищають продукцію від ультрафіолетового випромінювання та перешкоджають випаровуванню вологи. Особливо це важливо для свіжих фруктів, овочів і м'яса. Нанотехнології також дозволяють створювати датчики, які аналізують стан продуктів в режимі реального часу і сигналізують про можливі відхилення. На рисунку 1 зображено основні технології які використовуються для зберігання продукції.

Рис. 1 Ультразвукова обробка зерна та вакуумне пакування овочів

Автоматизація та діджиталізація процесів зберігання стали важливим етапом розвитку галузі. Інтелектуальні системи моніторингу дозволяють відстежувати стан продукції, виявляти ділянки з підвищеною температурою або вологістю і в автоматичному режимі вживати заходів щодо їх усунення. Наприклад, «розумні» сховища оснащені датчиками та системами аналізу даних, які забезпечують ефективне управління параметрами сховища. Крім того, значна увага приділяється впровадженню технологій заморожування та сушіння. Швидке заморожування дозволяє зберегти текстуру, смак і поживні властивості таких продуктів, як ягоди, риба або овочі. Технології сублімаційного сушіння (вакуумна сушка) - ще один перспективний метод, що дозволяє знизити масу продуктів зі збереженням їх біологічної цінності [8].

На окрему увагу заслуговує також впровадження біотехнології в сферу зберігання. Біологічні консерванти, такі як натуральні екстракти або пробіотики, забезпечують захист продуктів від мікроорганізмів без використання хімічних речовин. Вони безпечні для людини і навколишнього середовища, що відповідає сучасним екологічним вимогам. Переробка сільськогосподарської продукції є невід'ємною частиною агропромислового комплексу, що сприяє збільшенню її доданої вартості, забезпеченню продовольчої безпеки та раціональному використанню природних ресурсів. З розвитком сучасної науки і техніки традиційні методи обробки поступаються місцем інноваційним рішенням, що дозволяють підвищити якість продукції, оптимізувати процеси і мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Сучасні технології в області переробки орієнтовані на кілька ключових напрямків. Одним з них є реалізація принципів біотехнології. Застосування ферментів, мікроорганізмів та інших біологічних засобів дозволяє значно поліпшити процеси бродіння, консервації та виробництва харчових продуктів. Наприклад, при виробництві молочної продукції використання пробіотиків сприяє створенню продуктів з високою біологічною цінністю, що позитивно позначається на здоров'ї споживачів.

Не менш важливими є заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності. Інноваційні теплоізоляційні матеріали, використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, дозволяють значно знизити витрати на енергозабезпечення сховищ. Деякі підприємства вже використовують системи, які працюють на основі енергії біогазу, отриманої з відходів сільського господарства. На рівні логістики впроваджуються технології блокчейн для відстеження ланцюжків поставок продукції. Це забезпечує прозорість та контроль на кожному етапі – від збору врожаю до доставки споживачу. Крім того, мобільні додатки та платформи з використанням штучного інтелекту допомагають планувати зберігання та постачання з урахуванням специфіки продукту та кон'юнктури ринку. Серед останніх досягнень можна також виділити використання штучного інтелекту для прогнозування оптимальних умов зберігання. Аналізуючи великі набори даних, системи штучного інтелекту здатні виявляти залежності, які раніше були невідомі, і в свою чергу пропонувати рішення для підвищення ефективності. Важливу роль відіграють дослідження в галузі біофізики та хімії. Вчені створюють нові способи боротьби зі шкідниками і хворобами, які вражають продукцію при зберіганні. Наприклад, використання ультразвукових хвиль або іонізація повітря в сховищах є перспективними методами дезінфекції. Глобальна проблема зміни клімату також має значний вплив на розвиток технологій зберігання. Зростаюча потреба в рішеннях, стійких до екстремальних погодних умов, стимулює розробку адаптивних систем зберігання, здатних ефективно працювати при високих температурах або нестабільному енергопостачанні [9].

Одним з проривних напрямків є використання нанотехнологій в переробці. Завдяки наноматеріалам можна створювати пакувальні матеріали, які не тільки продовжують термін придатності продукції, але і забезпечують її захист від зовнішніх впливів. Наприклад, активні пакувальні матеріали, що володіють антибактеріальними властивостями, перешкоджають розвитку мікроорганізмів, зберігаючи свіжість продуктів.

Ще одним важливим напрямком є технології ультразвукової обробки. Використання ультразвукових хвиль дозволяє значно підвищити якість продукції, скоротити час її обробки і знизити енерговитрати. Наприклад, при переробці м'яса ультразвук допомагає зменшити кількість шкідливих бактерій, зберігаючи при цьому текстуру і смакові властивості. Технології заморожування також зазнали значних змін завдяки інноваціям.

На рисунку 2 зображено ефективність переробки різними технологіями, з даного рисунку ми можемо побачити, що порівнянно з традиційними технологіями біотехнології на 35% кращі, червона сушка на 30% краще, а от ультразвук кращий на 25%.

Шокова заморозка дозволяє зберегти текстуру, смак і поживні властивості продуктів навіть після тривалого зберігання [10]. Особливо це стосується фруктів, овочів, морепродуктів і м'яса. Крім того, розробляються методи заморожування з використанням кріогенних рідин, що забезпечує ще кращі результати.

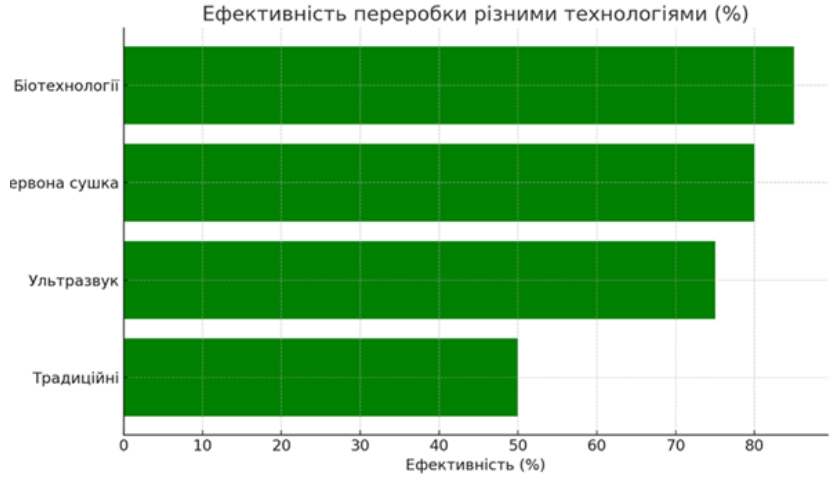

Рис.2 Ефективність переробки продукції різними технологіями

Розвиток цифрових технологій відкриває нові можливості для автоматизації та контролю процесів обробки. Системи на основі штучного інтелекту дозволяють автоматизувати контроль якості продукції, аналізуючи її стан в режимі реального часу. Наприклад, за допомогою датчиків та алгоритмів машинного навчання можна виявляти дефекти на конвеєрі, оптимізуючи процес обробки. Ще одним перспективним напрямком є використання 3D-друку в харчовій промисловості. Технології 3D-друку дозволяють створювати вироби з унікальними формами та текстурами, що відкриває нові горизонти для кулінарного мистецтва та задоволення потреб споживачів. Крім того, такий підхід дозволяє раціонально використовувати сировину, зменшуючи кількість відходів.

У контексті сталого розвитку важливим є впровадження енергоефективних та екологічно чистих рішень. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні батареї або біогазові установки, в процесах переробки сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу та зменшенню залежності від традиційних енергоресурсів.

Переробка сільськогосподарських відходів також є важливим аспектом інноваційного підходу. Біопереробка відходів для виробництва біогазу, добрив або кормів для тварин дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище. Наприклад, переробка лушпиння злаків на біопаливо стала звичайною практикою в багатьох країнах.

Ще одним важливим аспектом є розробка нових технологій виробництва продукції з альтернативної сировини. Наприклад, виробництво рослинного м'яса, молока та інших продуктів з використанням рослинних білків стало можливим завдяки інноваційним методам екструзії та ферментації. Це не тільки розширює асортимент продукції, що випускається, але і сприяє зниженню тиску на традиційне сільське господарство. Розвиток аналітичних технологій також має значний вплив на процеси обробки. Застосування спектроскопії, хроматографії та інших методів дозволяє проводити точний контроль якості продукції на всіх етапах її переробки. Це допомагає знизити ризики, пов'язані з вживанням неякісної або небезпечної продукції. Глобальні виклики, такі як зміна клімату та зростання населення, стимулюють пошук нових рішень у переробці сільськогосподарської продукції. Інновації в цій сфері допомагають адаптувати процеси до нових умов, забезпечуючи стабільність і доступність продовольчих товарів навіть в умовах обмежених ресурсів [11].

У таблиці 2 представимо економічну ефективність, енергозбереження та результати впровадження інноваційних технологій в переробці сільськогосподарської продукції. Як бачимо завдяки використанню інноваційних технологій зменшується споживання енергії, час обробки, термін окупності

Таблиця 2

Порівняння витрат та ефективності традиційних та інноваційних технологій

Параметр	Традиційна технологія	Інноваційні технології (ультразвук, наноматеріали)
Споживання енергії (кВт·год/т продукту)	200	120
Час обробки (годин)	8	5
Утилізація сировини (%)	100	95
Якість продукції	Середній	Високий
Вартість технології	Низький	Середнє
Термін окупності (років)	5	3

Аграрний сектор знаходиться на стадії революційного технологічного розвитку, особливо в розвинених країнах. У країнах, що розвиваються темпи впровадження досить повільні, але також

набирають обертів. Доступ до інформації про місцеперебування, прогнози погоди та врожайність сільськогосподарських культур дозволяють проактивно підходити до ведення сільського господарства. Низка різних технологій працюють разом, щоб зробити сільське господарство простішим, точнішим і швидшим. Сучасне землеробство, завдяки використанню ІЧ-пристроїв, датчиків та автоматизованих систем, навіть дозволяє фермерам працювати з дому.

Дослідження показало, що найбільші втрати сільськогосподарської продукції створюються на етапах зберігання через недотримання температурних режимів, високу вологість, шкідників і плісняву, однак впровадження інноваційних рішень, таких як системи IoT, дозволяє зменшити втрати до 5-15%. Автоматизація процесів переробки забезпечує продуктивність до 30% і знижує витрати ручної праці на 50%, хоча її впровадження часто обмежене через високу вартість обладнання. Енергоефективні методи обробки, як вакуумна сушка, дозволяють зберегти до 90% живильних речовин, а біотехнології забезпечують утилізацію відходів у вторинну продукцію. Інтеграція цифрових рішень у логістику скорочує час доставки, а замкнуті цикли виробництва та переробка органічних відходів на біогаз знижують викиди парникових газів на 20-40%. Таким чином, інноваційні технології значно знижують втрати, підвищують ефективність агропромисловості та сприяють довшому зберіганню продукції [12].

Висновки

Підсумовуючи, можна сказати, що інтеграція інноваційних технологій в агропродовольчий сектор є трансформаційним підходом, який має потенціал революціонізувати сільськогосподарські практики та підвищити стійкість галузі. Такі технології, як Інтернет речей (IoT), великі бази даних, штучний інтелект (AI) і блокчейн, відкрили численні можливості для підвищення продуктивності, скорочення відходів і підвищення ефективності по всьому ланцюжку поставок. Від розумного землеробства та автоматизації до точного землеробства та сталих методів зберігання харчових продуктів, ці інновації дозволяють фермерам та бізнесу оптимізувати використання ресурсів, зменшити вплив на навколишнє середовище та покращити якість продуктів харчування.

Застосування цифрових технологій у сільському господарстві, переробці та зберіганні сприяє кращому прийняттю рішень, більш ефективній діяльності та зниженню операційних витрат. Це також допомагає у вирішенні глобальних проблем, таких як продовольча безпека, зміна клімату та дефіцит ресурсів. Крім того, технологічний прогрес у таких сферах, як моніторинг посівів, боротьба зі шкідниками та збереження продукції, надає фермерам інструменти для більш ефективного та сталого управління своєю землею, що в кінцевому підсумку призводить до кращого сільськогосподарського виробництва та збереження природних ресурсів.

Хоча ці технології мають великі перспективи, широке впровадження цих інновацій вимагає подолання таких проблем, як високі початкові інвестиційні витрати, потреба в технічній експертизі та адаптація існуючої інфраструктури. Тим не менш, потенційні довгострокові вигоди від використання цих технологічних досягнень набагато переважують початкові перешкоди. Оскільки галузь продовжує розвиватися, агропродовольчий сектор відіграватиме ще більш важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, покращенні якості життя та стимулюванні сталого економічного зростання.

Література

1. Хахула, Б. В. (2022). Інновації, як чинник прискорення науково-технічного прогресу в аграрному секторі України. *Агросвіт*, (9–10), 79–85. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.9-10.79

2. Torres, H. L., & Pérez, C. D. (n.d.). *Smart agriculture: Sensors, IoT, and big data for food production.*

3. Hill, J. M. (2019). *Стале сільське господарство: досягнення в системах сталого сільського господарства.*

4. Холодюк, О. В., Диня, В. І., Бонякевич, О. В., & Мовчан, Д. А. (2024). Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*, *331*(1), 330–338. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-50

5. Torres, H. L., & Pierre, L. (2021). Блокчейн для управління ланцюгом постачання агропродовольчої продукції. *Міжнародний журнал застосування блокчейну.*

6. Махметова, Д. С., Тлессова, Е. Б., & Нургалієва, А. А. (2023). Сучасні можливості та перспективи технічних і технологічних інновацій в аграрному секторі Казахстану. *Вісник Університету Коркит Ата Кизилорда. Серія «Економічні науки»*, *2*(2), 31–43. https://doi.org/10.52081/ecj.2023.v02.i2.009

7. Mayer, D. E., & Chikez, H. (2021). Останні інновації в післязбиральному збереженні та захисті сільськогосподарської продукції. *Сільське господарство*, *11*(12), 1275. https://doi.org/10.3390/agriculture11121275

8. Shah, T., & Gumaste, K. (2024). Застосування сонячних сушарок для сушіння сільськогосподарської продукції. *Розумні інновації та технологічний прогрес у цивільному та машинобудуванні*, 243–257. https://doi.org/10.1201/9781003539582-21

9. Аверчева, Н. О. (2021). Перспективи розвитку інтеграційних процесів у сфері переробки сільськогосподарської продукції. *Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в 21 столітті*, 343–373. https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-12

10. Овсієнко, С. М. (2021). *Інноваційні технології зберігання сировини і харчових продуктів.* Вінниця.

11. Міністерство аграрної політики та продовольства України. (n.d.). Офіційний веб-сайт. http://www.minagro.gov.ua

12. Фітишин, К. Р. (2024). Модернізація сільськогосподарської техніки: технологічні новації та майбутні перспективи. *Стан та перспективи розвитку агробізнесу.* https://doi.org/10.23947/interagro.2024.442-445

References

1. Khakhula, B. V. (2022). Innovatsii, yak chynnyk pryskorennia naukovo-tekhnichnoho prohresu v ahrarnomu sektori Ukrainy. Ahrosvit, (9–10), 79–85. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.9-10.79

2. Torres, H. L., & Pérez, C. D. (n.d.). Smart agriculture: Sensors, IoT, and big data for food production.

3. Hill, J. M. (2019). Stale silske hospodarstvo: dosiahnennia v systemakh staloho silskoho hospodarstva.

4. Kholodiuk, O. V., Dynia, V. I., Boniakevych, O. V., & Movchan, D. A. (2024). Suchasni rishennia ta napriamky rozvytku osnovnykh elementiv systemy tochnoho zemlerobstva. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: tekhnichni nauky, 331(1), 330–338. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-331-50

5. Torres, H. L., & Pierre, L. (2021). Blokchein dlia upravlinnia lantsiuhom postachannia ahroprodovolchoi produktsii. Mizhnarodnyi zhurnal zastosuvannia blokcheinu.

6. Makhmetova, D. S., Tlessova, E. B., & Nurhaliieva, A. A. (2023). Suchasni mozhlyvosti ta perspektyvy tekhnichnykh i tekhnolohichnykh innovatsii v ahrarnomu sektori Kazakhstanu. Visnyk Universytetu Korkyt Ata Kyzylorda. Seriia «Ekonomichni nauky», 2(2), 31–43. https://doi.org/10.52081/ecj.2023.v02.i2.009

7. Mayer, D. E., & Chikez, H. (2021). Ostanni innovatsii v pisliazbyralnomu zberezhenni ta zakhysti silskohospodarskoi produktsii. Silske hospodarstvo, 11(12), 1275. https://doi.org/10.3390/agriculture11121275

8. Shah, T., & Gumaste, K. (2024). Zastosuvannia soniachnykh susharok dlia sushinnia silskohospodarskoi produktsii. Rozumni innovatsii ta tekhnolohichnyi prohres u tsyvilnomu ta mashynobuduvanni, 243–257. https://doi.org/10.1201/9781003539582-21

9. Avercheva, N. O. (2021). Perspektyvy rozvytku intehratsiinykh protsesiv u sferi pererobky silskohospodarskoi produktsii. Formuvannia novoi paradyhmy rozvytku ahropromyslovoho sektoru v 21 stolitti, 343–373. https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-12

10. Ovsiienko, S. M. (2021). Innovatsiini tekhnolohii zberihannia syrovyny i kharchovykh produktiv. Vinnytsia.

11. Ministerstvo ahrarnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy. (n.d.). Ofitsiinyi veb-sait. http://www.minagro.gov.ua

12. Fityshyn, K. R. (2024). Modernizatsiia silskohospodarskoi tekhniky: tekhnolohichni novatsii ta maibutni perspektyvy. Stan ta perspektyvy rozvytku ahrobiznesu. https://doi.org/10.23947/interagro.2024.442-445