

УДК 330.341.1:636:639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.38>

ІННОВАЦІЇ У ТВАРИННИЦТВІ ТА АКВАКУЛЬТУРІ: ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТЬОГО ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ, СТАЛОГО РОЗВИТКУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОБРОБУТУ ТВАРИН

Шуляр А. Л. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва, переробки та якості продукції тваринництва,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-0823-6814

Шуляр А. Л. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва, переробки та якості продукції тваринництва,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-8462-2135

Ткачук В. П. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри технологій виробництва, переробки та якості продукції тваринництва,

Поліський національний університет

orcid.org/0000-0002-4811-6884

У статті здійснено комплексний аналіз сучасних інноваційних технологій у тваринництві та аквакультурі в контексті зростаючого глобального попиту на продукти тваринного походження, обмеженості природних ресурсів, посилення екологічних викликів і підвищення суспільних вимог до забезпечення добробуту тварин та сталого розвитку. Обґрунтовано, що традиційні технології виробництва не забезпечують одночасного досягнення високої продуктивності, економічної ефективності та екологічної сталості, що зумовлює необхідність впровадження цифрових, автоматизованих і біотехнологічних рішень.

У роботі проаналізовано сучасний стан і основні напрями застосування інноваційних технологій у скотарстві, птахівництві та аквакультурі, зокрема, систем точного тваринництва, цифрових систем моніторингу, комп'ютерного зору, штучного інтелекту, IoT-сенсорів, автоматизованих систем годівлі та рециркуляційних аквакультурних систем. Висвітлено роль зазначених технологій у підвищенні продуктивності тварин і гідробіонтів, оптимізації використання кормів, води та енергії, зменшенні негативного впливу на довкілля та забезпеченні стабільних умов утримання.

Особливу увагу приділено оцінці впливу інновацій на добробут тварин, зокрема, через раннє виявлення стресу і захворювань, зниження рівня виробничого навантаження та створення комфортного середовища утримання. Узагальнено результати вітчизняних і закордонних наукових досліджень, що підтверджують ефективність цифрових та інтелектуальних систем управління у формуванні сталих аграрних виробничих систем.

Окреслено основні перспективи та обмеження щодо впровадження інноваційних технологій у практику господарств, зокрема економічні та соціальні та кадрові чинники. Визначено, що інтеграція інноваційних рішень є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності тваринництва та аквакультури, забезпечення сталого розвитку галузей і покращення добробуту тварин в умовах сучасних глобальних викликів.

Ключові слова: точне тваринництво, штучний інтелект, комп'ютерний зір, IoT-сенсори, рециркуляційні системи.



© Шуляр А. Л., Шуляр А. Л., Ткачук В. П., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Shuliar A. L., Shuliar A. L., Tkachuk V. P. Innovations in livestock and aquaculture: future technologies to increase productivity, sustainable development and ensuring animal welfare

The article provides a comprehensive analysis of modern innovative technologies in livestock and aquaculture in the context of the growing global demand for animal products, limited natural resources, increasing environmental challenges and increasing public demands for animal welfare and sustainable development. It is substantiated that traditional production technologies do not ensure the simultaneous achievement of high productivity, economic efficiency and environmental sustainability, which necessitates the implementation of digital, automated and biotechnological solutions.

The paper analyzes the current state and main areas of application of innovative technologies in livestock, poultry and aquaculture, in particular, precision livestock systems, digital monitoring systems, computer vision, artificial intelligence, IoT sensors, automated feeding systems and recirculating aquaculture systems. The role of these technologies in increasing the productivity of animals and aquatic organisms, optimizing the use of feed, water and energy, reducing the negative impact on the environment and ensuring stable conditions of detention is highlighted.

Particular attention is paid to assessing the impact of innovations on animal welfare, in particular, through early detection of stress and diseases, reducing the level of production workload and creating a comfortable environment. The results of domestic and foreign scientific research are summarized, confirming the effectiveness of digital and intelligent management systems in the formation of sustainable agricultural production systems.

The main prospects and limitations for the implementation of innovative technologies in farm practice are outlined, in particular economic, social and personnel factors. It is determined that the integration of innovative solutions is a key factor in increasing the competitiveness of livestock and aquaculture, ensuring sustainable development of industries and improving animal welfare under current global challenges.

Key words: Precision Livestock Farming, Artificial Intelligence, Computer Vision, IoT-Sensors, Recirculating Aquaculture Systems.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток тваринництва та аквакультури відбувається в умовах зростаючого глобального попиту на продукти тваринного походження, обмеженості природних ресурсів, посилення екологічних викликів та підвищених вимог суспільства до забезпечення добробуту тварин. Традиційні технології виробництва дедалі частіше виявляються недостатньо ефективними для одночасного досягнення високих показників продуктивності, економічної рентабельності та екологічної сталості [1, с. 137; 2, с. 147; 3, с. 15].

Інтенсивні методи ведення тваринництва й аквакультури нерідко супроводжуються підвищеним навантаженням на довкілля, зростанням викидів парникових газів, деградацією водних і земельних ресурсів, а також погіршенням фізіологічного та поведінкового стану тварин. У свою чергу, недотримання принципів добробуту тварин негативно впливає не лише на етичний аспект виробництва, а й на якість і безпечність продукції, стійкість виробничих систем та довіру споживачів [4, с. 74; 5, с. 575; 6, с. 34]. У цих умовах особливої актуальності набуває впровадження інноваційних технологій, зокрема цифрових систем моніторингу, біотехнологій, автоматизації та роботизації виробничих процесів, точного тваринництва, інтелектуальних систем управління годівлею й утриманням, а також екологічно орієнтованих рішень в аквакультурі. Проте рівень інтеграції таких технологій у практику господарств залишається нерівномірним, а їхній вплив на продуктивність, сталість розвитку та добробут тварин потребує комплексного наукового аналізу [3, с. 15; 7, с. 606].

Звідси випливає необхідність обґрунтування та систематизації сучасних інноваційних підходів у тваринництві та аквакультурі, оцінки їхньої ефективності й доцільності впровадження з позицій підвищення продуктивності, забезпечення сталого розвитку аграрних систем та покращення добробуту тварин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сучасного ведення тваринництва значна увага зосереджена на впровадженні систем точного ведення господарства (Precision Livestock Farming), які базуються на датчиках, автоматичному моніторингу та інтелектуальній обробці даних. Так, огляд сучасних іноземних досліджень підтверджує роль штучного інтелекту та сенсорних технологій у підвищенні добробуту тварин шляхом постійного контролю фізіологічних показників і поведінки, що дозволяє своєчасно виявляти ознаки стресу чи хвороб і оптимізувати управління виробництвом. Такий підхід забезпечує не лише підвищення продуктивності, а й зменшення економічних витрат та впливу на довкілля, зокрема, за рахунок раннього втручання при погіршенні фізіологічного стану тварин [8, с. 77; 9, с. 16]. У галузі птахівництва дослідження фахівців демонструють потенціал мультимодальних AI-систем, що інтегрують візуальні, акустичні та екологічні дані для комплексної оцінки добробуту курей та оптимізації їх продуктивності. Такі системи дозволяють подолати обмеження традиційних методів спостереження, що є суб'єктивними і трудомісткими, відкриваючи шлях до масштабованої автоматизації моніторингу в реальних умовах ферми [10, с. 175; 11].

В аквакультури іноземні наукові дослідження пропонують інноваційні комп'ютерні рішення для безконтактного моніторингу стану риб та оптимізації технологічних процесів. Наприклад, метод комп'ютерного зору для оцінювання вентиляційної частоти лосося в морських господарствах демонструє високий рівень кореляції між передбаченими і фактичними значеннями, що може стати ефективним інструментом для своєчасного виявлення ознак респіраторного стресу. Інший приклад – система для оптимізації годівлі теляти на основі IoT-датчиків і комп'ютерного зору, що значно підвищує ефективність використання корму і продуктивність виробництва [9, с. 16; 12].

Крім технологічних рішень, міжнародні ініціативи формують стратегічні пріоритети інновацій для обох секторів. Зокрема, звіт UK Agri-Tech Centre виокремлює 11 ключових напрямів, серед яких важливе місце займають здоров'я і добробут тварин, безпека та якість продуктів, кліматичні рішення і цифрові дані, що вказує на необхідність подальшої інтеграції міждисциплінарних технологій для забезпечення сталого і продуктивного розвитку тваринництва та аквакультури [13; 14, с. 11].

Постановка завдання. Метою наукових досліджень було комплексна оцінка сучасних інноваційних технологій у тваринництві та аквакультури та визначення їх ролі у підвищенні продуктивності виробництва, забезпеченні сталого розвитку галузей і покращенні добробуту тварин.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах глобалізації, зростання попиту на якісні продукти тваринного походження та посилення вимог до екологічної безпеки виробництва інноваційні технології стають визначальним чинником розвитку тваринництва і аквакультури. Як у вітчизняній, так і в зарубіжній науковій літературі відзначається тенденція до активного впровадження цифрових, біотехнологічних та автоматизованих рішень у виробничі процеси. На рисунку 1 продемонстровано логічну схему застосування інноваційних інтелектуальних підходів на тваринницьких фермах.

Сучасний етап застосування інновацій у скотарстві характеризується переходом від традиційних методів утримання до систем точного тваринництва (Precision Livestock Farming, PLF). Це включає використання сенсорів для контролю фізіологічного стану тварин, автоматизованих доїльних установок, систем ідентифікації та управління стадом. Наприклад, застосування нашийників з датчиками

активності дозволяє виявляти початок охоти у корів або ранні ознаки захворювань [15; 16, с. 190; 17, с. 7]. У птахівництві інновації спрямовані на оптимізацію мікроклімату пташників, автоматизацію годівлі та напування, а також на контроль росту та здоров'я птиці [18].

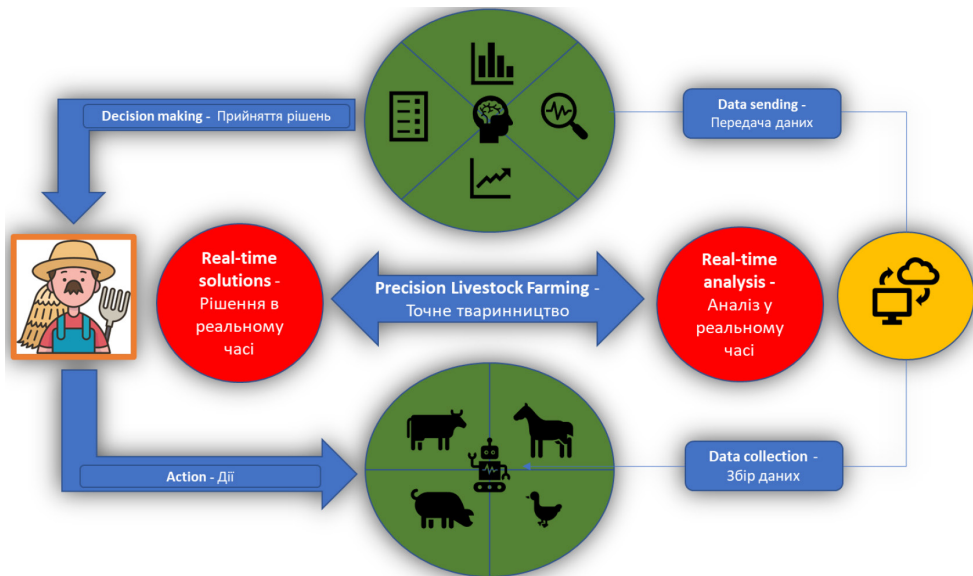


Рис. 1. Схема застосування інноваційних технологій на тваринницьких фермах

Сучасні птахофабрики дедалі частіше використовують комп'ютеризовані системи управління освітленням, вентиляцією та температурним режимом, що позитивно впливає на продуктивність і знижує падіж птиці [26]. В аквакультурі основними напрямками інновацій є впровадження рециркуляційних аквакультурних систем (RAS), автоматизованих систем контролю якості води та використання інтелектуальних годівниць [19, с. 27].

Такі технології дозволяють мінімізувати вплив на навколишнє середовище та забезпечити стабільні умови вирощування риби й інших гідробіонтів незалежно від природних факторів. На рисунку 2 подано логічну схему впровадження інноваційних технологій в аквакультурне виробництво.

Серед ключових технологій майбутнього у тваринництві та аквакультурі провідне місце займають цифрові системи моніторингу, елементи точного виробництва та автоматизовані системи управління, що базуються на аналізі великих масивів даних (Big Data) та штучному інтелекті [20, с. 3; 21, с. 46]. У скотарстві перспективними є системи безперервного моніторингу здоров'я тварин, які включають біосенсори, камери відеоспостереження та програмне забезпечення для аналізу поведінки. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть визначати кульгавість корів на ранніх стадіях за змінами ходи, що дозволяє своєчасно вжити лікувальних заходів [22, с. 2; 23].

Сучасні наукові дослідження підтверджують, що інформаційні технології та цифрові рішення стають фундаментом трансформації тваринництва. Наприклад, у молочному скотарстві впровадження IoT-датчиків, штучного інтелекту (AI) та комп'ютерного зору дозволяє збирати та аналізувати дані про поведінку, здоров'я

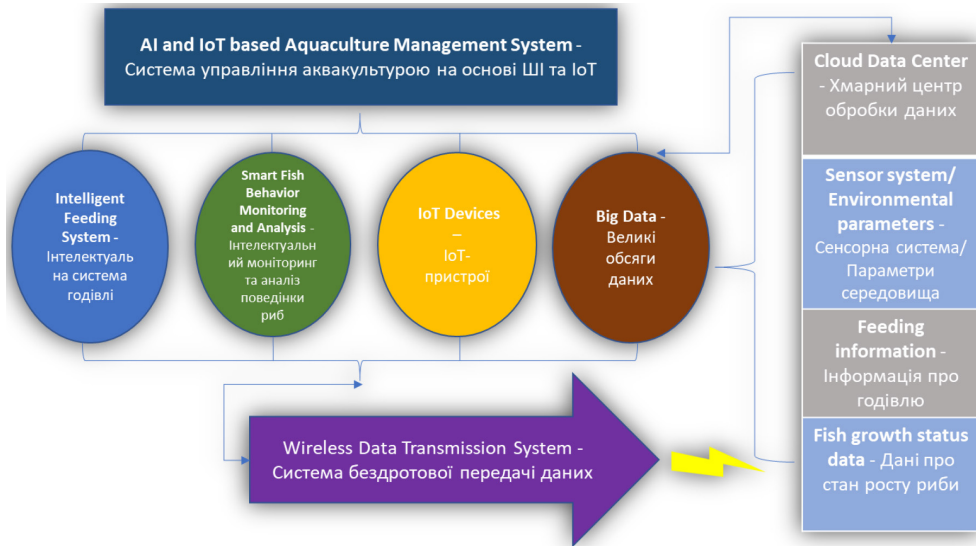


Рис. 2. Схема застосування інноваційних технологій в аквакультури

та годівлю корів у режимі реального часу, що підвищує якість управління стадом та ефективність виробництва. Такі технології були детально проаналізовані в огляді групи іноземних науковців, де підкреслюється, що поєднання сенсорних систем з алгоритмами машинного навчання сприяє своєчасному виявленню фізіологічних змін і оптимізації годівлі, що має позитивний ефект на продуктивність молока та добробут тварин [24, с. 1858].

Одним із вагомих новітніх напрямів є штучний інтелект і сенсорні інновації для підвищення добробуту тварин, які дозволяють не лише автоматизувати моніторинг, а й створювати адаптивні рішення для управління станом здоров'я та поведінкою. Наукові дослідження, опубліковані в Human-Centric Intelligent Systems, акцентують увагу на потенціалі AI і сучасних сенсорних технологій у створенні об'єктивних показників стану тварин, підтримці рішень фермерів і забезпеченні етичних аспектів цифрового тваринництва [8, с. 90].

У галузі моніторингу великої рогатої худоби останні дослідження вказують на швидке зростання застосування PLF-технологій, зокрема мультисенсорних платформ і алгоритмів машинного навчання для аналізу поведінки, виявлення еструсу або кульгавості. Так, scoring-огляд сучасних підходів у «precision livestock farming» показує, що широке використання сенсорів, зображень та алгоритмів AI сприяє більш точному визначенню поведінкових моделей і стану здоров'я тварин, що є критичним для підвищення продуктивності та зниження витрат [16, с. 195; 17, с. 13].

У птахівництві активно розвиваються технології комп'ютерного зору, які використовуються для оцінки щільності посадки птиці, її активності та стану оперення. Інтелектуальні системи можуть автоматично регулювати умови утримання залежно від поведінки поголів'я, зменшуючи стрес та підвищуючи продуктивність [21, с. 49; 25; 26].

Для аквакультури характерним є використання цифрових платформ для управління усіма етапами виробництва – від інкубації ікри до вирощування товарної риби. Автоматизовані системи контролю рівня кисню, рН, температури та вмісту аміаку у воді дозволяють підтримувати оптимальні умови для росту гідробіонтів

і знижувати ризик масової загибелі. До прикладу, комп'ютерний зір і IoT-рішення застосовуються для оптимізації годівлі та контролю водних параметрів. Наприклад, системи, що комбінують IoT-датчики та алгоритми комп'ютерного зору для аналізу розміру і поведінки тілапти, показали високу точність у визначенні потреби в кормі та потенційне значне підвищення продуктивності, що водночас сприяє скороченню перевитрат кормів та екологічному навантаженню [19, с. 29; 27].

Впровадження інноваційних технологій суттєво впливає на підвищення продуктивності тварин, ефективність використання кормів, води та енергії, а також на зниження негативного впливу на довкілля. У скотарстві застосування точних систем годівлі дозволяє індивідуально підбирати раціони для кожної тварини з урахуванням її продуктивності та фізіологічного стану. Це сприяє підвищенню надоїв молока або приростів живої маси при одночасному зниженні витрат кормів і викидів метану. У птахівництві автоматизовані лінії годівлі та напування забезпечують рівномірний доступ птиці до корму і води, що покращує конверсію корму та зменшує його втрати. Крім того, оптимізація мікроклімату сприяє зниженню енергоспоживання та скороченню викидів парникових газів [28, с. 81; 29, с. 27]. В аквакультурі рециркуляційні системи дозволяють повторно використовувати до 90–95 % води, що є особливо важливим у регіонах з обмеженими водними ресурсами. Точне дозування кормів зменшує забруднення водного середовища органічними відходами та підвищує коефіцієнт засвоєння поживних речовин [13; 19, с. 31].

Оцінка інноваційних підходів у тваринництві та аквакультурі за їх короткою характеристикою, сферою застосування, основними завданнями, з якими вони дозволяють справлятися, а також зазначенням позитивних ефектів для продуктивних ознак, для добробуту тварин та сталого розвитку галузей нами здійснена у таблиці 1.

Отримані результати свідчать про підвищення рівня добробуту тварин та гідробіонтів як одного із ключових аспектів сучасного аграрного виробництва, що тісно пов'язаний із впровадженням інноваційних технологій. Адже, до прикладу, у скотарстві використання систем моніторингу поведінки дозволяє своєчасно виявляти ознаки стресу, болю або хвороб.

Автоматизовані доїльні системи знижують фізичне навантаження на тварин і мінімізують людський фактор, що позитивно впливає на їхній стан. У птахівництві інновації сприяють створенню більш комфортних умов утримання, зокрема шляхом регулювання освітлення відповідно до біологічних ритмів птиці. Тоді як у аквакультурі постійний контроль параметрів водного середовища є ключовим фактором добробуту гідробіонтів. Інтелектуальні системи дозволяють уникати різких коливань умов, що можуть призводити до захворювань або загибелі гідробіонтів [16, с. 192; 19, с. 29; 26; 30, с. 117].

З точки зору екологізації виробництва та як підтверджують дані таблиці 1, новітні технології не лише сприяли підвищенню продуктивності, а й сприяли сталому використанню природних ресурсів. Та незважаючи на значний потенціал інноваційних технологій, їх впровадження супроводжується низкою економічних, екологічних та соціальних обмежень. Основною перешкодою для багатьох господарств, особливо малих і середніх, є висока вартість обладнання та програмного забезпечення. Варто зазначити, що великим соціальним викликом є нестача кваліфікованих кадрів, здатних працювати з сучасними цифровими технологіями. Водночас автоматизація може зменшувати потребу в ручній праці, що потребує адаптації ринку праці.

Таблиця 1
Оцінка інноваційних технологій у тваринництві та аквакультурі

Назва технології	Коротка характеристика технології	Сфера застосування	Основні функції	Ефект для продуктивності	Ефект для сталого розвитку	Ефект для добробуту
<i>Точне тваринництво / Precision Livestock Farming (PLF)</i>	Комплекс цифрових і сенсорних технологій для індивідуального моніторингу стану та поведінки тварин у режимі реального часу	Скотарство, свинарство, іптахівництво	Безперервний контроль здоров'я, активності та продуктивності	Підвищення продуктивності на основі точних індивідуальних даних	Зменшення витрат кормів, води та енергії	Раннє виявлення стресу і захворювань
<i>Комп'ютерний зір / Computer Vision</i>	Технологія аналізу відеозображень для оцінки рухів, росту та поведінки тварин і гідробіонтів	Тваринництво, аквакультура	Аналіз активності, рухів, щільності посадки, росту	Оптимізація росту та ефективності годівлі	Зниження витрат продукції та смертності	Безконтактний контроль без додаткового стресу
<i>Штучний інтелект / Artificial Intelligence (AI)</i>	Інтелектуальні алгоритми для аналізу великих масивів даних, прогнозування стану тварин, підтримки управлінських рішень	Усі галузі	Прогнозування захворювань, продуктивності	Підвищення ефективності управлінських рішень	Рациональне використання ресурсів	Індивідуалізація підходів до тварин
<i>Інтернет речей, сенсори / Internet of Things (IoT) Sensors</i>	Мережа підключених датчиків для безперервного контролю параметрів середовища	Ферми, рибні господарства	Моніторинг температури, вологості, якості води	Забезпечення стабільних умов виробництва	Зменшення негативного впливу на довкілля	Поліпшення мікроклімату середовищ тварин
<i>Автоматизовані системи годівлі / Automated Feeding Systems</i>	Автоматичні комплекси подачі кормів із точним дозуванням відповідно до потреб тварин	Тваринництво, аквакультура	Точне дозування кормів	Зниження собівартості та покращення конверсії корму	Скорочення кормових відходів	Регулярна та збалансована годівля

Закінчення табл. 1

Назва технології	Коротка характеристика технології	Сфера застосування	Основні функції	Ефект для продуктивності	Ефект для сталого розвитку	Ефект для добробуту
<i>Геномні та біотехнології / Genomic and Biotechnologies</i>	Методи молекулярної генетики для покращення спадкових ознак і стійкості тварин	Селекція тварин	Генетичний відбір, підвищення резистентності та продуктивності	Довгострокове зростання продуктивності та резистентності	Зменшення потреб у медикаментах та втручання	Зниження рівня захворюваності
<i>Рециркуляційні системи/Recirculating Aquaculture Systems (RAS)</i>	Закриті системи вирощування гідробіонтів із очищенням і повторним використанням води за умов цілковитого контролю водного середовища	Аквакультура	Повний контроль параметрів водного середовища	Підвищення виживаності та контроль росту	Значна економія водних ресурсів	Стабільні та безпечні умови для гідробіонтів

У вітчизняних та іноземних джерелах інформації відзначається, що концепції Smart Farm та смарт-технології стають важливим елементом модернізації тваринницьких і рибогосподарських підприємств в Україні. Водночас науковці зазначають, що для широкого впровадження цих технологій необхідні значні інвестиції у цифрову інфраструктуру, підготовку фахівців і адаптацію рішень до місцевих умов господарювання [9, с. 18; 21, с. 49; 22, с. 7; 26; 28, с. 82].

Висновки і пропозиції. Отже, виконання поставлених завдань проведених нами наукових досліджень дало змогу сформулювати комплексне уявлення про роль інноваційних технологій у розвитку тваринництва та аквакультури. Підтверджено, що у перспективі інновації стануть основою підвищення конкурентоспроможності галузей і їх сталого розвитку в умовах сучасних глобальних викликів. Попри те, що перед виробниками продукції тваринництва та аквакультури в Україні стоїть низка економічних та соціальних викликів, подолання їх сприятиме виходу на світові ринки, адже застосування цифрових, автоматизованих та інтелектуальних систем є ключовим чинником підвищення продуктивності, забезпечення добробуту тварин, ефективного використання ресурсів та екологічної стійкості виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко Ю. Продовольча безпека України в умовах війни: виклики та стратегічні пріоритети. *Economics and Law*. 2025. № 2. Т. 77. С. 137–146. DOI: <https://doi.org/10.15407/econlaw.2025.02.137>
2. Водні біоресурси та аквакультура: світові тенденції та вітчизняні перспективи / Ткачук В. П., Шуляр А. Л., Шуляр А. Л. та ін. *Podilian Bulletin Agriculture Engineering Economics*. 2025. № 47. С. 147–153. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-2.20>
3. Продовольча безпека: світові тенденції та можливості агропродовольчого комплексу України: монографія / за ред. Л. В. Шинкарук. Київ : НУБіП України, 2022. 307 с.
4. Гончарова О. В., Кутіщев П. С. Аспекти формування потенціалу та розвитку української аквакультури на фоні євроінтегрування інноваційних рішень. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1 (13). С. 73–83. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6>
5. Shuliar Alina. Monitoring of selection and technological elements of production of livestock products in farms of Ukraine and Europe. *Prospects for the development and implementation of innovative technologies in veterinary medicine and animal husbandry: scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2024. P. 574–605. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-454-2-20>
6. Палапа Н. В., Дем'янюк О. С., Нагорнюк О. М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 34–45. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263314>
7. Shuliar Alina. The importance of the poultry industry for food security and the evaluation of the selection and technological elements of the production of products of the industry in the conditions of poultry enterprises of Ukraine. *Prospects for the development and implementation of innovative technologies in veterinary medicine and animal husbandry: scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2024. P. 606–638. DOI : <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-454-2-21>
8. Neethirajan S. Artificial Intelligence and Sensor Innovations: Enhancing Livestock Welfare with a Human-Centric Approach. *Hum-Cent Intell Syst*. 2024. Vol. 4. P. 77–92. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44230-023-00050-2>
9. Веселов Є. В., Щербакова І. Л., Левченко І. С. Інноваційні технології у тваринництві та ефективність впровадження концепції Smart Farm. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. Т. 2. С. 15–20.

10. Park S. O., Zammit V. A. Effect of digital livestock system on animal behavior and welfare, and fatty acid profiles of egg in laying hens. *J. Anim Feed Sci.* 2023. Vol. 32. P. 174–80. DOI: <https://doi.org/10.22358/jafs/157543/2023>
11. Daniel Essien, Suresh Neethirajan. Multimodal AI Systems for Enhanced Laying Hen Welfare Assessment and Productivity Optimization. URL: https://arxiv.org/abs/2508.07628?utm_source (дата звернення: 13.12.2025). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.07628>
12. A computer vision method to estimate ventilation rate of Atlantic salmon in sea fish farms / Folkman L., LK Vo Q., Johnston C., Stantic B., A Pitt K. *Aquacultural Engineering.* Vol. 112. P. 102645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2025.102645>
13. Livestock and aquaculture sectors 11 innovation priorities identified. *UK Agri-Tech Centre* : веб-сайт. URL: <https://ukatc.ergo.agency/news/livestock-and-aquaculture-sectors-11-innovation-priorities-identified> (дата звернення: 17.12.2025).
14. Волощук Ю. О. Напрямки цифровізації аграрних підприємств. *Ефективна економіка.* 2019. № 2. С. 10–17.
15. Arndt S. S., Goerlich V. C., van der Staay F. J. A dynamic concept of animal welfare: the role of appetitive and adverse internal and external factors and the animal's ability to adapt to them. *Front Animal Sci.* 2022. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.908513>
16. Berckmans D. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revue Scientifique et Technique (OIE).* 2017. Vol. 36(1). P. 189–196.
17. Precision livestock farming: Building blocks for future livestock systems / Norton T., Chen C., Larsen M. L. V., Berckmans D. *Animal Frontiers.* 2019. Vol. 9(1). P. 6–15.
18. Інновації в птахівництві: ефективність, продуктивність, якість. *Аграрний тиждень. Україна* : веб-сайт. URL: <https://a7d.com.ua/tvarinnictvo/breeding/14422-пновасу-в-птахівництв-ефективнст-продуктивнст-yakst.html> (дата звернення: 17.12.2025).
19. Badiola M., Mendiola D., Bostock J. Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering.* 2012. Vol. 51. P. 26–35.
20. Is precision livestock farming an engineer's daydream or a reality? / Wathes C. M., Kristensen H. H., Aerts J. M., Berckmans D. *Computers and Electronics in Agriculture.* 2008. Vol. 64 (1). P. 2–10.
21. Бойко В. О., Мельник Ю. Ф. Інноваційні технології в тваринництві: стан і перспективи розвитку. *Вісник аграрної науки.* 2020. № 4. С. 45–52.
22. Precision livestock farming: An international review of scientific and commercial aspects / Banhazi T. M., Black J. L., Halas V., et al. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering.* 2012. Vol. 5(3). P. 1–9.
23. Nomaira Afroz Himu & A. Raihan. An Overview of Precision Livestock Farming (PLF) Technologies for Digitalizing Animal Husbandry toward Sustainability. *Global Sustainability Research.* 2024. DOI: <https://doi.org/10.56556/gssr.v3i3.954>
24. Liu N., Qi J., An X., Wang Y. A Review on Information Technologies Applicable to Precision Dairy Farming: Focus on Behavior, Health Monitoring, and the Precise Feeding of Dairy Cows. *Agriculture.* 2023. Vol. 13(10). P. 1858. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13101858>
25. Автоматизація птахівництва: інноваційні технології. *Alfagro.com.ua* : веб-сайт. URL: <https://alfagro.com.ua/uk/avtomatizacziya-tvarinnictva-innovacijni-tehnologiyi-v-sferi-ptahivnicztva/> (дата звернення: 17.12.2025).
26. Computer Vision Systems in Livestock Farming, Poultry Farming, and Fish Farming / Balasubramaniam S., Vijesh Joe C., Prasanth A., Satheesh Kumar K. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/97811394186686.ch10>.
27. Hossam R., Heakl A., Goma W. Precision Aquaculture: An Integrated Computer Vision and IoT Approach for Optimized Tilapia Feeding. *21th International*

Conference on Informatics in Control, Automation, and Robotics. URL: https://arxiv.org/abs/2409.08695?utm_source (дата звернення: 17.12.2025).

28. Ковальчук І. П., Гуменюк О. Л. Цифровізація аграрного виробництва як чинник сталого розвитку. *Економіка АПК*. 2021. № 7. С. 78–86.

29. Nasirahmadi A., Edwards S. A., Sturm B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs: A review. *Livestock Science*. 2017. Vol. 202. P. 25–38.

30 Ситник В. П., Бурлака В. А. Добробут сільськогосподарських тварин у сучасних системах утримання. *Науковий вісник НУБіП України*. 2019. № 289. С. 112–118.

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026