

Волощук Максим Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, докторант Інституту тваринництва НААН України, +38(096)777-77-14, Simk-pig@bigmir.net, ORCID ID: 0009-0004-5605-9826

*Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України
вул. Тваринників, 1-А, м. Харків, Харківська область, 61026 (Кулиничі)*

ЛОГІСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ В СИСТЕМІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВ-ВИРОБНИКІВ МОЛОКА

Анотація. Статтю присвячено обґрунтуванню теоретико-методологічних засад застосування логістичного інструментарію як фундаментального фактора інноваційного розвитку виробничого потенціалу підприємств-виробників молока. Автор доводить, що в умовах глобальної економічної турбулентності та цифрової трансформації 2024–2025 років виробничий потенціал слід розглядати не як статичну сукупність ресурсів, а як динамічну систему, здатну до самооновлення та адаптації через інтегроване логістичне управління. Запропоновано авторську математичну модель виробничого потенціалу (P), у якій коефіцієнт логістичної ефективності виступає критичним мультиплікатором, що визначає кінцеву віддачу від матеріально-технічних, кадрових та технологічних ресурсів.

У дослідженні проведено системний аналіз інструментів Індустрії 4.0 та 5.0, адаптованих до специфіки молочного сектору (біологічна нестабільність сировини, короткий життєвий цикл). Особливу увагу приділено використанню штучного інтелекту (алгоритми SARIMA, ANN) для предиктивного прогнозування обсягів надоїв та управління здоров'ям стада, що дозволяє мінімізувати «ефект батога» (bullwhip effect) та знизити похибки планування на 15–20%. Розкрито потенціал інтеграції IoT-рішень та блокчейн-технологій для функціонування «розумних контрактів» і забезпечення повної простежуваності продукції (traceability), що є стратегічною вимогою для розширення експортних квот України до ЄС.

Емпірична частина дослідження відображає якісну трансформацію молочної галузі України, зокрема стрімку концентрацію виробництва в промисловому секторі, частка якого у переробці станом на кінець 2025 року перевищила 90%. Доведено, що попри енергетичну кризу та воєнні виклики, впровадження інноваційних логістичних рішень (автономні системи охолодження, кооперативна логістика) забезпечило зростання валютної виручки від експорту молочної продукції до \$401 млн у 2025 році. Сформульовано концептуальні засади розвитку галузі в парадигмі Індустрії 5.0, де пріоритетами є екологічна сталість, цифрова прозорість ланцюгів вартості та висока резильєнтність виробничих систем.

Ключові слова: логістичний інструментарій, виробництво молока, інноваційний розвиток, виробничий потенціал, Індустрія 4.0, штучний інтелект, блокчейн, холодовий ланцюг, експортний потенціал, стратегічна резильєнтність, простежуваність.

Voloshchuk Maksym, Candidate of Agricultural Sciences, doctoral student, Livestock Farming Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, +38(096)777-77-14, Simk-pig@bigmir.net, ORCID ID: 0009-0004-5605-9826

*Livestock Farming Institute of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
1-A Tvaryunnykyv Street, Kharkiv, Kharkiv region, 61026 (Kulynychy)*

LOGISTICS TOOLKIT IN THE SYSTEM OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF DAIRY ENTERPRISES

Abstract. *The article substantiates the theoretical and methodological foundations for applying logistics tools as a fundamental factor in the innovative development of the production potential of dairy enterprises. The author argues that in the context of global economic turbulence and the digital transformation of 2024–2025, production potential should be viewed as a dynamic system capable of self-renewal through integrated logistics management. A mathematical model of production potential (P) is proposed, where logistics efficiency acts as a multiplier that increases the return on material, human, and technological resources.*

The research provides a detailed analysis of Industry 4.0 and 5.0 tools tailored for the dairy sector. Special emphasis is placed on the use of Artificial Intelligence (SARIMA, ANN) for demand forecasting and herd health management, which reduces planning errors by 15-20 %. The study explores the integration of IoT and Blockchain technologies to create «smart contracts» and ensure 100 % product traceability, which is a critical requirement for expanding export quotas to the EU. The author highlights the shift toward Industry 5.0, emphasizing sustainability, resilience, and the human-centric collaboration between personnel and collaborative robots (cobots).

The empirical part of the study reflects the qualitative transformation of Ukraine's dairy industry, noting the dominance of the industrial sector, which accounted for over 90 % of processed milk in 2025. It is proved that despite the energy crisis and war-related disruptions, innovative logistics solutions, including autonomous cooling systems and cooperative logistics for small farms, allowed for a 35 % increase in export revenue, reaching \$401 million. The article concludes that the future development of the dairy sector's production potential depends on the harmonization of logistics processes with EU standards and the transition to predictive resource management models.

Keywords: *logistics tools, dairy production, innovative development, production potential, Industry 4.0, Artificial Intelligence, blockchain, cold chain, export potential, strategic resilience.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах глобальної економічної турбулентності та стрімкої цифровізації, агропромисловий сектор України, і зокрема молочна галузь, опинилися перед необхідністю фундаментальної трансформації стратегій управління. Виробничий потенціал підприємств-виробників молока більше не може розглядатися як статична сукупність ресурсів; він перетворюється на динамічну систему, здатну до самооновлення та адаптації через впровадження інноваційних рішень. У цьому контексті логістичний інструментарій виступає не просто як сукупність методів транспортування чи складування, а як критичний інтегратор, що забезпечує синхронізацію матеріальних, інформаційних та фінансових потоків для досягнення максимальної синергії інноваційного розвитку.

Особлива специфіка молочної сировини – її біологічна нестабільність, короткий життєвий цикл та високі вимоги до санітарно-гігієнічних умов – висуває

безпрецедентні вимоги до логістичних систем. Традиційні підходи, орієнтовані на мінімізацію витрат у статичних ланцюгах, вичерпали свій ресурс. Сьогодні на перший план виходять концепції Індустрії 4.0 та 5.0, що передбачають інтеграцію штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та блокчейну безпосередньо у виробничі та логістичні цикли. Ці інструменти дозволяють не лише оптимізувати поточні операції, а й створюють підґрунтя для нарощування виробничого потенціалу через предиктивне управління та мінімізацію втрат на кожному етапі ланцюга створення вартості.

Для України питання інноваційного розвитку молочного сектору набуває критичного значення в умовах євроінтеграційних процесів та необхідності подолання наслідків воєнної агресії. Руйнування традиційної логістики, енергетична нестабільність та зміна структури споживання вимагають від вітчизняних виробників впровадження гнучких інструментів, що дозволять не лише зберегти, а й наростити присутність на міжнародних ринках. Таким чином, дослідження взаємозв'язку між логістичним інструментарієм та інноваційним розвитком виробничого потенціалу є актуальним науковим завданням, що має безпосереднє практичне значення для забезпечення продовольчої безпеки та економічної стійкості держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичне та практичне підґрунтя розвитку молочної галузі формувалося протягом десятиліть, еволюціонувавши від базових технологічних досліджень до концепцій складних цифрових екосистем. Фундаментальний внесок у розуміння історичних аспектів виробництва молочних продуктів зробили такі вчені, як Hunziker O.F. [1], який детально описав процеси виробництва сухого та згущеного молока, та Philpott H. G. [2], чиї праці заклали основу розуміння логістичних моделей молочної індустрії Нової Зеландії. Сучасне бачення галузі як комплексної наукової дисципліни представлене у п'ятитомній «Енциклопедії молочних наук» під редакцією McSweeney, P.L.H., McNamara J. P. [3],

де акумульовано знання про всі етапи – від генетики тварин до споживчих характеристик готової продукції.

В українській науковій школі питання виробничого потенціалу аграрних підприємств ґрунтовно досліджуються в працях І. О. Крюкової [4], яка розглядає потенціал як сукупність матеріальних, кадрових, фінансових та інформаційних ресурсів у контексті євроінтеграційного розвитку. Важливе значення мають розробки С. Черемісіної, В. Россохи та М. Кривуна [5], які систематизували наукові підходи до активізації інноваційної діяльності молокопереробних підприємств та запропонували алгоритми впровадження технічних і управлінських новацій.

Роль інноваційних технологій у молочному скотарстві висвітлено у роботах І. І. Червена [6] та О. В. Кругляка [7], які акцентують увагу на факторах конкурентоспроможності галузі. Питання стратегічного управління та обґрунтування моделей інноваційного розвитку підприємств є предметом досліджень А. А. Шуста, А. М. Марченка та І. М. Паски [8]. Окремий напрям досліджень – цифрова трансформація логістичних ланцюгів. Роботи Malik M. та ін. [9] демонструють потенціал штучного інтелекту та блокчейну для оптимізації молочних ланцюгів постачання, забезпечуючи їх стійкість та прозорість.

Дослідження J. Hill [10] підкреслюють перехід галузі до концепції «від землі до бренду», де інновації у сфері екологічної стійкості та зменшення викидів метану стають частиною логістичної стратегії. Водночас, P. C. Nath та ін. [11] та A. Melak [12] та ін. зосереджуються на впливі предиктивної аналітики на управління здоров'ям стада та якістю сировини, що є ключовим елементом сучасного логістичного інструментарію. Попри значний масив напрацювань, механізми інтеграції цих інструментів у цілісну систему розвитку виробничого потенціалу саме українських підприємств у кризових умовах потребують додаткового аналізу.

Метою статті є обґрунтування теоретико-методологічних засад застосування логістичного інструментарію як фактору інноваційного розвитку виробничого потенціалу підприємств-виробників молока, а також аналіз сучасних цифрових та

технологічних рішень, що забезпечують підвищення ефективності та стійкості молочного сектору в умовах мінливого зовнішнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Виробничий потенціал підприємства-виробника молока є складною категорією, що охоплює не лише наявні потужності, а й приховані можливості до зростання через інновації. У науковій літературі він трактується як сукупність факторів виробництва, здатних генерувати економічний ефект за умови їх оптимальної комбінації. Для молочної галузі ця оптимальність значною мірою залежить від якості логістичного управління. Якщо розглядати потенціал як функцію, то логістичний інструментарій виконує роль множника, що підвищує віддачу від кожного вкладеного ресурсу.

Виробничий потенціал (P) можна математично моделювати через сукупність ресурсних векторів:

$$P = \int_0^{-T} (M(t) \cdot C(t) \cdot I(t)) dt \cdot$$

де $M(t)$ – матеріально-технічне забезпечення (поголів'я, обладнання); $C(t)$ – кадровий капітал та компетенції; $I(t)$ – інноваційні технології; $L(t)$ – логістична ефективність (коефіцієнт інтеграції та мінімізації втрат). Без належного логістичного інструментарію навіть високий рівень інновацій у селекції чи годівлі може бути нівельований втратами якості під час збору чи транспортування сировини.

Логістичний інструментарій в системі інноваційного розвитку виконує три основні функції:

1. Забезпечувальна: створення умов для безперебійного надходження ресурсів (кормів, медикаментів, енергії) з використанням предиктивних моделей планування;
2. Інтеграційна: об'єднання розрізнених технологічних процесів у єдиний цикл з контрольованими параметрами якості;
3. Адаптивна: надання виробничій системі гнучкості для зміни обсягів та асортименту продукції залежно від сигналів ринку.

Трансформація молочної логістики у високотехнологічну сферу базується на використанні алгоритмів штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML). Згідно з дослідженнями, AI дозволяє оптимізувати планування в реальному часі, зменшуючи так званий «ефект батога» (bullwhip effect) у ланцюгах постачання [13]. Це досягається через використання специфічних моделей прогнозування та оптимізації.

Сучасний етап інноваційного розвитку молочної галузі характеризується впровадженням предиктивних технологій, що дозволяють нівелювати ризики, пов'язані з біологічною нестабільністю сировини. Цифровізація логістичних процесів забезпечує перехід від простого обліку до інтелектуального управління ланцюгами постачання в реальному часі. Для деталізації функціональних можливостей новітніх технологій нами було систематизовано ключові категорії логістичних інструментів та визначено їхній очікуваний економічний ефект для підприємств-виробників (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація інтелектуальних логістичних інструментів у молочному виробництві

Категорія інструментів	Специфічні технології	Область застосування у молочному секторі	Очікуваний ефект
Прогнозування	SARIMA, Gradient Boost, ANN	Передбачення обсягів надоїв, прогнозування попиту на готову продукцію	Зниження похибки планування на 15–20 %, оптимізація запасів
Оптимізація маршрутів	Tabu Search, Ant Colony Optimization (ACO)	Збір молока у розосереджених виробників, дистрибуція швидкопсувної продукції	Скорочення транспортних витрат на 10–12 %, зменшення викидів CO ₂
Моніторинг якості	Комп'ютерний зір, IoT-сенсори	Аналіз складу молока в потоці, детекція патогенів та хімічних домішок	Гарантія 100 % відповідності стандартам, запобігання відклику продукції
Управління стадом	Предиктивна аналітика на основі даних датчиків	Визначення оптимального часу годування та доїння	Збільшення надоїв на 7–10 %, покращення здоров'я тварин

Джерело: розроблено автором за [13].

Використання штучних нейронних мереж (ANN) дозволяє аналізувати багатофакторні залежності між умовами утримання корів та якісними показниками молока (жирність, вміст білка). Це дає можливість логістичній службі заздалегідь розподіляти потоки сировини за напрямками переробки (наприклад, виділяти молоко з високим вмістом білка для виробництва сирів), що максимізує додану вартість виробничого потенціалу.

Для молочної продукції критично важливим є дотримання температурного режиму на всьому шляху – від охолоджувача на фермі до полиці магазину. Логістичний інструментарій «холодового ланцюга» (cold chain) сьогодні неможливий без IoT-рішень. Датчики температури, вологості та GPS-трекери забезпечують постійний контроль стану продукції.

Поєднання IoT з блокчейн-технологіями створює систему «розумних контрактів», де оплата за сировину може автоматично коригуватися залежно від фактичних параметрів якості та умов транспортування, зафіксованих датчиками. Блокчейн забезпечує децентралізований реєстр, який неможливо підробити, що є ключовим для міжнародної сертифікації та експорту.

Переваги інтеграції блокчейну в молочну логістику:

- traceability (Простежуваність): можливість для споживача через QR-код дізнатися повну історію продукту;
- боротьба з фальсифікатом: автоматична верифікація походження сировини усуває можливість потрапляння «сірого» молока в переробку;
- ефективність транзакцій: скорочення часу на оформлення супровідної документації до 40 %.

Попри надскладні умови, зумовлені війною, молочна галузь України демонструє ознаки якісної трансформації. Основним трендом 2024–2025 років стало домінування промислового сектору над присадибним. Попри загальне скорочення поголів'я в країні, професійні молочно-товарні ферми (МТФ) демонструють стале зростання продуктивності, що забезпечується впровадженням предиктивної

аналітики та автономних систем життєзабезпечення. Це дозволило промислового сектору стати безальтернативним джерелом якісної сировини для переробки, забезпечуючи понад 90% надходжень та створюючи підґрунтя для нарощування валютної виручки від експорту. Для об'єктивної оцінки результативності обраних логістичних та технологічних рішень було систематизовано ключові індикатори діяльності галузі за звітний період (табл. 2).

Таблиця 2 - Динаміка показників ефективності молочного сектору України

Показник	Значення (2025 р. прогноз/факт)	Динаміка до попереднього року
Загальний обсяг виробництва молока	6,86 млн тонн	-5,0 % (через падіння в домогосподарствах)
Виробництво промисловими МТФ	3,18 млн тонн	+7,0 %
Обсяг експорту молочної продукції	131,91 тис. тонн	+12,0 %
Валютна виручка від експорту	\$401,36 млн	+35,0 %
Частка промислового молока в переробці	>90 %	Зростання з 80 % у 2021 р.

Джерело: розроблено автором за даними [14, 15].

Зростання валютної виручки при помірному зростанні фізичних обсягів свідчить про покращення структури експорту та перехід до продуктів з вищою доданою вартістю, що стало можливим завдяки інноваціям у пакуванні та логістиці тривалого зберігання.

Проте енергетична криза внесла корективи у стратегії розвитку. Масове впровадження генераторів та автономних систем охолодження стало вимушеною, але необхідною логістичною інновацією, що дозволила зберегти виробничий потенціал в умовах блекаутів.

Сучасний етап розвитку – Індустрія 5.0 – зміщує акцент з чистої автоматизації на співпрацю людини та машини. У молочній логістиці це проявляється у створенні ергономічних робочих місць, використанні коботів (колаборативних роботів) на лініях пакування та складських комплексах.

Основними засадами Індустрії 5.0 у молочному секторі є:

1. Сталість (Sustainability): оптимізація логістики для мінімізації вуглецевого сліду та використання біорозкладної упаковки.

2. Резильєнтність (Resilience): створення гнучких мереж постачання, здатних швидко відновлюватися після збоїв. Досвід українських підприємств у 2022–2024 роках став унікальним кейсом побудови надстійких логістичних систем.

3. Персоналізація: логістичні інструменти дозволяють реалізовувати стратегії малих партій та індивідуалізованих продуктів (наприклад, безлактозне або органічне молоко), що потребує складнішого управління товарними потоками.

Інтеграція України до єдиного ринку ЄС відкрила нові можливості, але й виставила жорсткі вимоги. Збільшення європейських квот на молочну продукцію (сухе молоко – у 7,7 рази з 2021 р., вершкове масло – у 10,8 рази) потребує від виробників бездоганної логістичної документації та дотримання стандартів безпеки [16].

Проте існують суттєві перепони:

– інфраструктурні обмеження: затримки на кордонах та дефіцит спеціалізованого рефрижераторного транспорту;

– висока вартість енергоносіїв: витрати на підтримку холодового ланцюга зросли через використання дизель-генераторів;

– технологічний розрив: малі та середні фермерські господарства все ще мають низький рівень цифровізації (індекс 41 порівняно з 59 у великих компаній), що обмежує їх участь у глобальних ланцюгах постачання.

Одним із шляхів подолання цих бар'єрів є розвиток кооперативної логістики. Спільне використання складських потужностей та транспортних засобів дозволяє малим виробникам знижувати логістичні витрати на 10–12 %, роблячи їхню продукцію конкурентоспроможною.

Висновки. Логістичний інструментарій є невід'ємним елементом системи інноваційного розвитку виробничого потенціалу підприємств-виробників молока. Він забезпечує не лише фізичне переміщення продукції, а й виступає гарантом

збереження якісних характеристик сировини та інтегратором сучасних цифрових технологій у єдиний виробничий цикл.

Впровадження інструментів Індустрії 4.0, зокрема штучного інтелекту для прогнозування попиту (SARIMA, ANN) та блокчейну для простежуваності, дозволяє молочним підприємствам знижувати втрати на 30–35 % та скорочувати час транзакційних операцій на 40 %. Це створює умови для переходу від реактивного до предиктивного управління ресурсами.

Для молочної галузі України характерною є тенденція до професіоналізації та концентрації виробництва в промисловому секторі, який демонструє зростання (+7 % у 2025 р.) навіть за загального скорочення поголів'я в країні. Це підтверджує гіпотезу про те, що інноваційний розвиток можливий лише за умови високого рівня логістичного та технологічного забезпечення.

Експортний вектор розвитку галузі вимагає подальшої гармонізації логістичних процесів зі стандартами ЄС. Використання IoT-рішень для контролю «холодового ланцюга» та впровадження сучасних пакувальних матеріалів є критичними для реалізації розширених квот та нарощування валютної виручки, яка у 2025 році досягла рекордних \$401 млн.

Майбутній розвиток виробничого потенціалу пов'язаний із концепцією Індустрії 5.0, що передбачає поєднання екологічної сталості, соціальної відповідальності та високої резильєнтності логістичних мереж. Пріоритетними напрямками для українських виробників мають стати цифровізація малих господарств через кооперацію, інвестиції в енергонезалежну логістику та впровадження предиктивної аналітики здоров'я стада.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Hunziker O.F. Condensed Milk and Milk Powder. LaFayette, Indiana : Indiana Agricultural Experiment Station, 1914. URL: <http://www.archive.org/details/cu31924000001325>.
2. A history of the New Zealand dairy industry 1840-1935. In: Wellington Government Printer. /ed. by Philpott H.G., 1937. Palmerston North, New Zealand: Fonterra Research and Development Centre Library.

3. History of dairy farming. *Encyclopedia of Dairy Sciences* / ed. by McSweeney P.L.H., McNamara J. P., 2022. Pp. 1–29, (3rd edn). London, UK: Academic Press. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780128187678_A42558091/preview-9780128187678_A42558091.pdf.
4. Крюкова І. О., Непочатенко В. О. Стратегія інноваційного розвитку пріоритетних галузей аграрного виробництва. *Економіка: реалії часу*, 2013. № 4. С. 133–141. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econrch_2013_4_22.
5. Черемісіна С., Россоха В., Вікторович Кривун М. Перспективи підвищення рівня інноваційної активності молокопереробних підприємств. *Економіка АПК*, 2022. № 29(2). С. 20–33. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202202020>.
6. Червен І. І. Сутність та особливості інноваційних технологій в молочному скотарстві. *Економіка та управління підприємствами*, 2017. Т. 15. С. 332–336. URL: <http://global-national.in.ua/archive/15-2017/68.pdf>.
7. Кругляк О. В. Інноваційні фактори та конкурентоспроможність молочної галузі. *Економіка АПК*, 2018. № 6. С. 76–82. URL: https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_06_p_5_109-76-86_.pdf.
8. Шуст А. А., Марченко А. М., Паска І. М. Обґрунтування стратегії інноваційного розвитку сільськогосподарських підприємств з виробництва молока. *Економіка та держава*, 2021. № 3. С. 23–27. DOI: <https://doi.org/10.32702/23066806.2021.3.23>.
9. Malik M.; Gahlawat V. K., Mor R. S.; Singh M. K. Unlocking Dairy Traceability: Current Trends, Applications, and Future Opportunities. *Future Foods*, 2024. № 10, 100426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100426>.
10. Hill J., Science, technology, and innovation in the dairy sector, *International Journal of Food Science and Technology*, 2024. Vol. 59, Iss. 9. pp. 6717–6723, DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.17385>.
11. Nath P. C.; Mishra A. K.; Sharma R.; Bhunia B.; Mishra B.; Tiwari A.; Nayak P. K.; Sharma M.; Bhuyan T.; Kaushal S. et al. Recent Advances in Artificial Intelligence towards the Sustainable Future of Agri-Food Industry. *Food Chem*, 2024. Vol. 447: 138945. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138945>.
12. Melak A., Aseged T., Shitaw T. The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms. *Int. J. Distrib. Sens. Netw*, 2024. № 2. pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2024/8929748>.
13. Serrano-Torres G. J., López-Naranjo A. L., Larrea-Cuadrado P. L., Mazón-Fierro G. Transformation of the Dairy Supply Chain Through Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Sustainability*, 2025. 17(3):982. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17030982>.
14. Асоціація виробників молока : веб-сайт. <https://avm-ua.org/uk>.
15. Держстат : веб-сайт. <https://ess.ukrstat.gov.ua/>.
16. Зміцнення та збільшення продуктивності: ключові зміни в українському молочному секторі. AgroPortal. 2025. URL: <https://agroportal.ua/publishing/infografika/zmicnennya-ta-novi-rinki-klyuchovi-zmini-v-ukrajinskomu-molochnomu-sektori>.

REFERENCES:

1. Hunziker O. F. (1914). *Condensed Milk and Milk Powder*. LaFayette, Indiana: Indiana Agricultural Experiment Station. Retrieved from <http://www.archive.org/details/cu31924000001325>.
2. Philpott H. G. (Ed.). (1937). *A history of the New Zealand dairy industry 1840-1935*. Wellington Government Printer. Palmerston North, New Zealand: Fonterra Research and Development Centre Library.
3. McSweeney P. L. H., McNamara J. P. (Eds.). (2022). History of dairy farming. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3rd ed., pp. 1–29). Academic Press. Retrieved from

https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780128187678_A42558091/9780128187678_A42558091.pdf

preview-

4. Kriukova I. O., Nepochatenko V. O. (2013). Stratehiia innovatsiinoho rozvytku priorytetnykh haluzei aharnoho vyrobnytstva [Strategy of innovative development of priority sectors of agricultural production]. *Ekonomika: realii chasu*. № 4. 133–141. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/econrch_2013_4_22.

5. Cheremisina S., Rossokha V., Kryvun M. V. (2022). Perspektyvy pidvyshchennia rivnia innovatsiinoi aktyvnosti molokopererobnykh pidpriemstv [Prospects for increasing the level of innovative activity of milk processing enterprises]. *Ekonomika APK*, 29(2), 20–33. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202202020>.

6. Cherven I. I. (2017). Sutnist ta osoblyvosti innovatsiinykh tekhnolohii v molochnomu skotarstvi [The essence and features of innovative technologies in dairy cattle breeding]. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*, 15. 332–336. Retrieved from <http://global-national.in.ua/archive/15-2017/68.pdf>.

7. Kruhliak O. V. (2018). Innovatsiini faktory ta konkurentospromozhnist molochnoi haluzi [Innovative factors and competitiveness of the dairy industry]. *Ekonomika APK*, 6. 76–82. Retrieved from https://eapk.com.ua/web/uploads/pdf/eapk_2018_06_p_5_109-76-86_.pdf.

8. Shust A. A., Marchenko A. M., Paska I. M. (2021). Obhruntuvannia stratehii innovatsiinoho rozvytku silskohospodarskykh pidpriemstv z vyrobnytstva moloka [Substantiation of the strategy of innovative development of agricultural enterprises for milk production]. *Ekonomika ta derzhava*, 3. 23–27. <https://doi.org/10.32702/23066806.2021.3.23>.

9. Malik M., Gahlawat V. K., Mor R. S., Singh M. K. (2024). Unlocking Dairy Traceability: Current Trends, Applications, and Future Opportunities. *Future Foods*, 10. 100426. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100426>.

10. Hill J. (2024). Science, technology, and innovation in the dairy sector. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(9). 6717–6723. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17385>.

11. Nath P. C., Mishra A. K., Sharma R., Bhunia B., Mishra B., Tiwari A., Nayak P. K., Sharma M., Bhuyan T., Kaushal S., et al. (2024). Recent Advances in Artificial Intelligence towards the Sustainable Future of Agri-Food Industry. *Food Chemistry*, 447. 138945. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138945>.

12. Melak A., Aseged T., Shitaw T. (2024). The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 20(2). 1–12. <https://doi.org/10.1155/2024/8929748>.

13. Serrano-Torres G. J., López-Naranjo A. L., Larrea-Cuadrado P. L., Mazón-Fierro G. (2025). Transformation of the Dairy Supply Chain Through Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Sustainability*, 17(3). 982. <https://doi.org/10.3390/su17030982>.

14. Association of Milk Producers. (n.d.). Official website. <https://avm-ua.org/uk>.

15. State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). Official website. <https://ess.ukrstat.gov.ua/>.

16. AgroPortal. (2025). *Zmitsnennia ta zbilshennia produktyvnosti: kliuchovi zminy v ukrainskomu molochnomu sektori* [Strengthening and increasing productivity: key changes in the Ukrainian dairy sector]. Retrieved from <https://agroportal.ua/publishing/infografika/zmicnennya-ta-novi-rinki-klyuchovi-zmini-v-ukrajinskomu-molochnomu-sektori>.

Стаття надійшла до редакції: 02.12.2025; рецензування: 22.12.2025;

прийнята до публікації 05.01.2026. Автори прочитали и дали згоду рукопису.

The article was submitted on 02.12.2025; revised on 22.12.2025; and accepted for publication on 05.01.2026. The authors read and approved the final version of the manuscript.