ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ТВАРИННИЦТВА В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

Монографія

Харків
2026

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Інститут тваринництва
Національної академії аграрних наук України

О.В. Корнієцький, В.М. Орел,
О.О. Красноруцький, І.В. Богданюк

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ТВАРИННИЦТВА В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

Монографія

Харків
2026

УДК 658.7:636:005.591.6
І-66

Рецензенти:
Вдовенко Н. М., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри глобальної економіки, Національний університет біоресурсів і природокористування України;
Данько Ю. І., доктор економічних наук, професор, проректор з наукової та міжнародної діяльності, Сумський національний аграрний університет;
Лагодієнко В. В., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри маркетингу, підприємництва і торгівлі, Одеський національний технологічний університет.

Рекомендовано до видання Вченою радою ІТ НААН України (протокол № 5 від 22 квітня 2026 р.)

І-66 *Корнієцький О. В., Орел В. М., Краснорyцький О. О., Богданюк І. В.* **Інноваційні стратегії управління логістикою тваринництва в умовах післявоєнної трансформації України**: монографія. Харків : Видавничий дім «Право», 2026. 225 с.

ISBN 978-617-8848-77-4

У монографії досліджено теоретичні, методичні та прикладні засади формування інноваційних стратегій управління логістикою тваринництва в умовах післявоєнної трансформації України. Розглянуто підходи до еко-логістичного відновлення скотарства на постраждалих від бойових дій територіях, зокрема питання екологічної реабілітації земель, відновлення кормової бази, управління водними ресурсами та адаптації міжнародного досвіду постконфліктного розвитку аграрного сектору. Обґрунтовано роль сучасних біотехнологій, ветеринарної логістики, мобільних виробничих рішень і систем біобезпеки у відновленні тваринництва. Висвітлено можливості використання цифрових технологій, симуляційного моделювання та інструментів цифрової трансформації для підвищення ефективності логістичних процесів. Значну увагу приділено управлінню ланцюгами постачань у тваринництві в умовах зміни товарної спеціалізації аграрних підприємств. Запропоновані рекомендації спрямовані на забезпечення сталого розвитку галузі, підвищення її адаптивності та конкурентоспроможності в процесі повоєнного відновлення економіки України.

Монографія буде корисною науковцям, державним службовцям, фахівцям-практикам, викладачам і здобувачам вищої освіти.

УДК 658.7:636:005.591.6

@ Корнієцький О. В., Орел В. М.,
Краснорyцький О. О., Богданюк І. В., 2026
@ Інститут тваринництва НААН, 2026

ISBN 978-617-8848-77-4

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 4
РОЗДІЛ 1. АКТУАЛЬНІ СТРАТЕГІЇ ЕКО-ЛОГІСТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СКОТАРСТВА ТА АДАПТАЦІЯ МІЖНАРОДНОГО ПІСЛЯВОЄННОГО ДОСВІДУ НА ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ 8
1.1 Екологічна реабілітація та відновлення кормової бази молочного скотарства в умовах післявоєнної трансформації аграрного сектору України 8
1.2 Біотехнологічні стратегії відновлення та управління водними ресурсами для сталого розвитку скотарства на деокупованих територіях України 16
1.3 Адаптація досвіду постконфліктної трансформації аграрної галузі Боснії та Герцеговини для еко-логістичного відновлення скотарства в післявоєнний період 29
РОЗДІЛ 2. ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЛОГІСТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ 51
2.1 Інтеграція репродуктивних біотехнологій та логістичних методів у процесі відновлення племінного тваринництва на деокупованих територіях України 51
2.2 Системна інтеграція біобезпеки та ветеринарної логістики для забезпечення стійкого розвитку скотарства в умовах біологічних загроз та післявоєнного відновлення. 70
2.3 Мобільні молочні ферми як логістичне рішення для швидкого відновлення скотарства на постраждалих від бойових дій територіях 90
РОЗДІЛ 3. СИМУЛЯЦІЙНІ ТА ЦИФРОВІ ІНСТРУМАНТИ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИКИ СКОТАРСТВА 109
3.1 Симуляційне навчання як інструмент стратегічного управління розвитком відновлення логістики тваринництва в Україні 109
3.2 Технологічна інтеграція та цифрова трансформація в логістиці скотарства 130
РОЗДІЛ 4. ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА УМОВ ЗМІНИ ТОВАРНОЇ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ 150
4.1 Теоретичні засади управління ланцюгами постачань у логістиці тваринництва : застосування для змін товарної спеціалізації підприємств-виробників 150
4.2 Вплив змін товарної спеціалізації аграрних господарств на управління ланцюгом постачань у тваринництві 168
ПІСЛЯМОВА 192
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 195

ПЕРЕДМОВА

У сучасних умовах повномасштабної війни аграрний сектор України зазнав безпрецедентних втрат, що істотно вплинули на функціонування національної економіки та систему продовольчої безпеки. Особливо вразливою виявилася галузь тваринництва як один із головних сегментів аграрного виробництва, що забезпечує населення продуктами харчування та формує експортний потенціал країни. Внаслідок військових дій галузь зазнала значного скорочення поголів'я основних видів сільськогосподарських тварин, руйнування виробничої та переробної інфраструктури, систем водопостачання, а також порушення логістичних ланцюгів постачання сировини та готової продукції. Сукупні втрати мають комплексний характер, охоплюючи не лише безпосередні економічні збитки, але й довгострокові соціально-економічні наслідки. Вони зумовлюють зниження обсягів виробництва, скорочення доходів аграрних підприємств та домогосподарств, а також зменшення інвестиційної привабливості сільських територій, що ускладнює процеси відновлення та розвитку аграрної сфери у післявоєнний період.

Додатковими чинниками ускладнення ситуації стали деградація природних ресурсів, мінування значних площ сільськогосподарських угідь, забруднення ґрунтів та водних об'єктів продуктами воєнної діяльності, а також масове переміщення населення з сільських територій. Сукупність цих процесів суттєво обмежує можливості відновлення кормової бази, ведення тваринництва та формування стійких виробничо-логістичних систем.

У цьому контексті післявоєнна трансформація тваринництва набуває стратегічного значення не лише для відновлення економічного потенціалу, а й для забезпечення продовольчої суверенності держави, соціальної стабільності

постраждалих регіонів та поглиблення інтеграції України до європейського аграрного простору. Визначальну роль у цьому процесі відіграють інноваційні стратегії управління логістикою тваринництва, що поєднують екологічну реабілітацію, впровадження біотехнологічних рішень, цифрову трансформацію управлінських процесів та адаптацію міжнародного постконфліктного досвіду. Саме такі підходи створюють передумови для переходу галузі від режиму виживання до траєкторії сталого розвитку.

Монографія «Інноваційні стратегії управління логістикою тваринництва в умовах післявоєнної трансформації України» є результатом комплексного наукового дослідження, проведеного колективом Інституту тваринництва Національної академії аграрних наук України. Робота ґрунтується на узагальненні емпіричних матеріалів, отриманих у процесі моніторингу деокупованих територій, аналізі державних програм підтримки галузі, а також вивченні міжнародних проектів технічної та фінансової допомоги, спрямованих на відновлення сільського господарства та екосистем.

Актуальність дослідження зумовлена кількома взаємопов’язаними чинниками. По-перше, в умовах воєнних та післявоєнних трансформацій держава посилює роль політики підтримки тваринництва, орієнтованої на відновлення виробничого потенціалу, модернізацію інфраструктури та адаптацію галузі до підвищених ризиків. По-друге, активна участь міжнародних партнерів сприяє впровадженню екологічно орієнтованих підходів до ведення тваринництва, розвитку систем біобезпеки та підвищенню стійкості агроекосистем. По-третє, досвід постконфліктного відновлення аграрного сектору інших країн засвідчує, що ігнорування екологічних, логістичних та соціальних аспектів може призвести до тривалого застою галузі та втрати конкурентних переваг.

В умовах, коли воєнні загрози зберігаються, особливої ваги набуває не лише компенсація завданих збитків, а й формування превентивних механізмів їх мінімізації у майбутньому. Це передбачає створення стійких агроекосистем, розвиток цифрових платформ моніторингу виробничих та логістичних процесів, а також упровадження гнучких й мобільних логістичних рішень, здатних адаптуватися до змін зовнішнього середовища.

Метою монографії є розробка комплексної системи інноваційних стратегій управління логістикою тваринництва, орієнтованої на післявоєнне відновлення та довгострокову стійкість галузі. Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких завдань: аналіз підходів до екологічної реабілітації кормової бази та водних ресурсів; обґрунтування біотехнологічних та логістичних рішень щодо відновлення племінного потенціалу та забезпечення біобезпеки; розробка симуляційних й цифрових інструментів стратегічного планування; формування теоретичних засад управління ланцюгами постачань в умовах трансформації товарної спеціалізації тваринництва.

Структура монографії складається з чотирьох розділів. У першому розділі розглянуто сучасні стратегії еколого-логістичної трансформації тваринництва та можливості адаптації міжнародного досвіду до національних умов. Другий розділ присвячено інноваційним біотехнологічним та логістичним підходам до відновлення галузі. У третьому розділі проаналізовано симуляційні й цифрові інструменти управління і планування. Четвертий розділ містить теоретико-прикладний аналіз управління ланцюгами постачань у тваринництві в умовах післявоєнних трансформацій.

Монографія адресована науковцям, аспірантам та докторантам, викладачам закладів вищої освіти, керівникам тваринницьких господарств, представникам органів державної влади та міжнародних організацій. Вона може бути

використана як науково-методологічна основа для розробки регіональних програм відновлення тваринництва, а також у процесі підготовки фахівців.

Автори висловлюють щиру подяку колегам з Інституту тваринництва Національної академії аграрних наук України, а також партнерам з міжнародних організацій та органів державної влади за надану інформаційну підтримку та сприяння у підготовці монографії.

РОЗДІЛ 1.
АКТУАЛЬНІ СТРАТЕГІЇ ЕКО-ЛОГІСТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СКОТАРСТВА ТА АДАПТАЦІЯ МІЖНАРОДНОГО ПІСЛЯВОЄННОГО ДОСВІДУ НА ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ

1.1 Екологічна реабілітація та відновлення кормової бази молочного скотарства в умовах післявоєнної трансформації аграрного сектору України

Екологічна реабілітація пасовищ є складним завданням, яке вимагає комплексного підходу, що поєднує екологічні, технологічні та управлінські аспекти. Ця стратегія спрямована на відновлення біорізноманіття, підвищення родючості ґрунтів та створення стійкої кормової бази для молочного скотарства. Екологічні заходи орієнтовані на відновлення природного середовища шляхом застосування сучасних методів, які забезпечують стабільність екосистем і підвищують їх продуктивність.

Один з ключових методів — *ротаційний випас*, що дозволяє відновити біорізноманіття та підтримувати стійке функціонування пасовищ. Цей метод передбачає розділення пасовища на секції, де худоба випасає кожну частину послідовно, даючи рослинам можливість відновлюватися. Переваги цього підходу включають те, що ротаційний випас сприяє *регенерації рослинності*, оскільки рослини отримують необхідний час для відновлення (підтверджено дослідженнями Steve G. та Graves A. [3; 4]). Крім того, рівномірне навантаження на кожну секцію зменшує ерозію ґрунту, зберігаючи його структуру, що руйнується через витоптування та змив ґрунту. Дослідження свідчать, що ротаційний випас на сільськогосподарських землях сприяє підвищенню вегетативної маси рослин на гектар, покращенню

водоутримання ґрунту та значному зростанню його родючості. Це збільшує біорізноманіття рослин, комах та тварин в агроландшафтах, сприяючи відновленню екосистем і збалансованому управлінню ресурсами. [5]

Практичне впровадження цього методу передбачає створення інфраструктури, такої як мобільні огорожі, джерела води та укриття для худоби. Ефективне управління можливе за умови регулярного моніторингу стану пасовищ, оцінки густоти рослинності та рівня родючості ґрунту.

Використання багаторічних травосумішей є ключовим підходом для стабілізації екосистем. Ці суміші складаються з рослин, які мають тривалий життєвий цикл та високу стійкість до екологічних умов, забезпечуючи стабільний рослинний покрив на довгий час і сприяючи відновленню біорізноманіття на пасовищах. Це створює сприятливе середовище для проживання комах, птахів та інших тварин, а також зменшує ризик розповсюдження бур'янів на деградованих ділянках.

Збереження біорізноманіття агроландшафтів базується на раціональному використанні ґрунтового покриву, його захисті та відновленні родючості, а також збереженні різноманіття ґрунтів. Кількість екосистем на території визначається станом ґрунтового покриву. [6] Постійний рослинний покрив запобігає ерозії та виснаженню ґрунту, оскільки корені багаторічних трав глибоко проникають у ґрунт, зміцнюючи його структуру. Ці рослини також затримують вологу, що покращує водний баланс та підвищує стійкість до посухи.

Склад травосумішей включає різні види рослин, які взаємодоповнюються. Бобові трави, наприклад, конюшина чи люцерна, не лише забезпечують високобілкові корми, але й грають важливу роль у біологізації землеробства, сприяючи підвищенню родючості ґрунту через збагачення його органічною речовиною та біологічним азотом.[7] Дослідження показують, що бобові рослини, особливо багаторічні,

ефективно засвоюють азот з атмосфери. Коренева система цих рослин підтримує розвиток симбіотичної мікрофлори, що сприяє накопиченню поживних речовин і стабілізації родючості ґрунту. [8] Злакові трави, такі як тимофіївка та райграс, забезпечують густий покрив та високу продуктивність біомаси, сприяючи ефективнішому використанню сонячної енергії та поживних речовин з ґрунту.

Бобові та бобово-злакові суміші дозволяють оптимізувати використання ґрунтової родючості та сонячної енергії, порівняно з одновидовими посівами. Злакові трави, з їх мичкуватою кореневою системою, використовують поживні речовини з верхніх шарів ґрунту, потребуючи менше фосфору та калію, ніж бобові. Це поєднання в сумішах покращує розподіл листків, що підвищує ефективність фотосинтезу та продуктивність трав'яного покриву, створюючи стійкі екосистеми навіть в несприятливих умовах. [9]

Для сільськогосподарського виробництва, багаторічні травосуміші мають значну перевагу, оскільки забезпечують корми високої якості, багаті на протеїни, вітаміни та мінерали, що позитивно впливає на продуктивність худоби. Їх здатність до тривалого відновлення дозволяє зменшити витрати на повторний посів та обслуговування пасовищ. забезпечи високоякісні корми для худоби.

Мікроорганізми та мікоризні гриби мають важливе значення в процесах реабілітації біорізноманіття та відновлення деградованих ґрунтів, діячи як природні каталізатори екологічних процесів. Їх застосування не лише сприяє відновленню структури та родючості ґрунту, але й загальному поліпшенню екосистем.

Основна функція мікроорганізмів у ґрунті полягає в розкладанні органічних залишків, що призводить до утворення гумусу. Бактерії та гриби перетворюють ці рештки на органічні добрива, звільняючи поживні елементи, такі як азот, фосфор та калій, у форми, доступні для рослин. Це

підвищує продуктивність ґрунту, особливо на деградованих територіях.

Інша важлива функція мікроорганізмів — фіксація азоту з атмосфери. Бактерії роду Rhizobium формують симбіоз з коренями бобових рослин, збагачуючи ґрунт азотом і зменшуючи потребу в хімічних добривах, які частково шкідливі для довкілля.

Мікроорганізми також відіграють ключову роль у боротьбі з патогенами в ґрунті, виробляючи природні антибіотики, які пригнічують шкідливі види, зменшуючи ризик захворювань рослин і створюючи сприятливі умови для трав та культур на пасовищах.[10] Вони ще й сприяють відновленню деградованих ґрунтів шляхом покращення їх структури. Бактерії та гриби виділяють органічні кислоти, які розчиняють мінерали, формуючи агрегати, що підвищують водо- та повітропроникність ґрунту, сприяючи його зволоженню та запобігаючи ерозії.

Мікоризні гриби утворюють симбіотичні зв'язки з кореневою системою рослин, суттєво розширюючи їх здатність до поглинання поживних речовин та води. Вони виділяють ферменти, які допомагають рослинам отримувати фосфор у важкорозчинних формах, що важливо для їхнього зростання. Крім того, мікоризні гриби сприяють засвоєнню інших мінералів, таких як калій, цинк і мідь, використовуючи свою грибницю для транспортування поживних речовин до коренів. Вони також покращують водозабезпечення рослин, особливо в умовах посухи.[11]

Мікоризні гриби активно беруть участь у кругообігу органічних речовин, сприяючи утворенню гумусу, і здатні до дезактивації токсичних речовин, включаючи важкі метали та хімічні забруднювачі, зменшуючи їх концентрацію в ґрунті. Це дозволяє вирощувати рослини на забруднених і деградованих ґрунтах, що є актуальним для реабілітації територій після військових дій.

Загалом, інтеграція мікроорганізмів та мікоризних грибів у стратегії відновлення ґрунтів є незамінною для відновлення природних екосистем, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та зменшення екологічного навантаження.

Біопрепарати, що містять корисні мікроорганізми, відіграють суттєву роль у реабілітації біорізноманіття та очищенні ґрунтів від токсинів, особливо на територіях, постраждалих від воєнних дій. Ці препарати є комплексними формулюваннями, що містять живі клітини спеціально відібраних мікроорганізмів з корисними властивостями, часто адсорбованими на нейтральному субстраті. Вони дозволяють вносити високу концентрацію корисних мікроорганізмів у ґрунт у потрібний час і місці, де в одному грамі препарату може міститися від 1 до 5 мільярдів і більше клітин бактерій.[12] Це забезпечує цілеспрямоване та своєчасне насичення ґрунту біологічними агентами для відновлення екосистем.

Основні механізми дії біопрепаратів включають здатність розкладати токсичні сполуки, які накопичуються в ґрунті внаслідок воєнних дій. Забруднення, такі як важкі метали, залишки вибухових речовин та паливно-мастильні матеріали, значно знижують родючість ґрунтів та загрожують біоті. Мікроорганізми з біопрепаратів можуть трансформувати ці речовини в менш токсичні форми або повністю нейтралізувати їх. Наприклад, бактерії-редуценти ефективно розкладають вибухові речовини, а гриби роду Trichoderma зменшують концентрацію важких металів, сприяючи відновленню ґрунтової мікрофлори.

Біопрепарати також сприяють відновленню родючості ґрунтів через активне утворення гумусу. Вони переробляють органічні залишки на поживні елементи, доступні для рослин, стимулюючи відновлення природного рослинного покриву та стабілізацію екосистем. На деокупованих територіях, де ґрунти зазнали механічних пошкоджень, застосування

біопрепаратів теж покращує структуру ґрунту, його водо- та повітропроникність, зменшуючи ризик ерозії та підвищуючи здатність ґрунту утримувати вологу.

Екологічно чисті, біопрепарати сумісні з природними процесами і не забруднюють довкілля додатковими хімічними речовинами, що зменшує потребу в синтетичних добривах та пестицидах, які мають негативний вплив на екосистему. Крім того, вони допомагають знизити витрати на відновлення ґрунтів завдяки їх довготривалій дії, забезпечуючи стійкий результат без частого повторного внесення.

Таким чином, біопрепарати є незамінним засобом для відновлення біорізноманіття та очищення ґрунтів на територіях, що зазнали воєнних дій або інших екологічних стресів, сприяючи не лише відновленню природних екосистем, але й підвищенню продуктивності сільськогосподарського виробництва на відновлених ділянках.

Технологічні рішення мають вирішальне значення для ефективного моніторингу та управління пасовищами. Сучасні цифрові технології надають широкі можливості для точного та оперативного моніторингу стану пасовищ, що вкрай важливо для управління ресурсами у молочному скотарстві. Використання дронів є одним з найефективніших інструментів у цьому контексті. Дрони дозволяють детально моніторити стан рослин на різних стадіях їхнього розвитку, оцінювати рівень забур'яненості, захворюваності та ураження шкідниками, а також аналізувати забезпеченість рослин поживними речовинами та водою. Вони також сприяють спостереженню за станом ґрунту, визначаючи його неоднорідність за кількістю гумусу та наявністю поживних речовин, що є важливим для моніторингу деградації. [13] Зібрані дані обробляються спеціалізованим програмним забезпеченням, яке створює карти стану пасовищ для обґрунтованих управлінських рішень щодо ротаційного

випасу, внесення добрив та рекультивації. Використання дронів значно прискорює процес оцінки великих територій, економлячи час та ресурси порівняно з традиційними методами.

Інтегровані цифрові платформи розширюють можливості управління пасовищами, об'єднуючи дані з різних джерел, включаючи дрони, супутники, ґрунтові датчики та метеостанції. Це дозволяє моделювати сценарії використання пасовищ, передбачаючи деградацію ґрунтів внаслідок випасу або кліматичних змін. Такі платформи автоматизують рутинні завдання, надаючи рекомендації щодо розподілу випасу, зрошення та внесення добрив, що підвищує продуктивність пасовищ, зменшує ризик їх виснаження та забезпечує прозорість управління. Аналітичні алгоритми оптимізують використання ресурсів, що є особливо важливим за обмеженого фінансування, зменшуючи витрати та підвищуючи економічну ефективність. [14]

Методи точного землеробства забезпечують:

- мінімізацію екологічного впливу шляхом зменшення використання хімічних речовин, води та енергоресурсів через точкове внесення добрив та пестицидів, що знижує забруднення довкілля. Технології, як датчики вологості ґрунту, дозволяють оптимізувати зрошення, економлячи водні ресурси,

- покращення економічних показників господарств через ефективне використання ресурсів, зменшуючи потребу в хімічних засобах і тим самим сприяючи збереженню біорізноманіття та знижуючи ризик деградації ґрунтів,

- підтримання екологічної рівноваги в агроекосистемах, що особливо важливо для відновлення сільськогосподарських угідь в деокупованих регіонах, дозволяючи ресурси використовувати раціонально для швидкого відновлення продуктивності земель без додаткового навантаження на екосистему.

Інтеграція цифрових технологій з методами точного землеробства є стратегічним підходом до ефективного управління сільськогосподарськими ресурсами, сприяючи стійкому розвитку молочного скотарства, особливо в умовах післявоєнного відновлення , де важливо не тільки відновити, але й покращити екологічні та економічні аспекти сільського господарства.

Управлінські аспекти впровадження сучасних технологій та стратегії екологічної реабілітації та відновлення кормової бази відіграють ключову роль у забезпеченні сталого розвитку молочного скотарства на постраждалих від військових дій територіях України.

Освітні програми мають включати тренінги, семінари, онлайн-курси та практичні заняття, що дозволять скотарським господарствам інтегрувати передові технології моніторингу та управління пасовищами. Це сприяє створенню інформаційної підтримки, що надає фермерам доступ до актуальних наукових досліджень, практичних рекомендацій та досвіду провідних спеціалістів, підвищуючи інноваційну культуру серед аграріїв та їх здатність до адаптації та ефективного управління ресурсами.

Фінансування є дуже важливим для підтримки фермерів через надання пільгових кредитів, грантових програм, страхування ризиків та субсидій. Це стимулює інвестиції у відновлення та розвиток пасовищної інфраструктури, а також впровадження інноваційних рішень, забезпечуючи сталість господарської діяльності в довгостроковій перспективі.

Консультаційна підтримка надає фермерам експертну допомогу для прийняття управлінських рішень. Створення регіональних консультаційних центрів забезпечує постійний діалог між фермерами, науковцями, органами влади та громадськими організаціями. Консультанти допомагають у оцінці стану пасовищ, розробці індивідуальних планів їх

відновлення, виборі оптимальних технологій та методів управління ресурсами, що є необхідним для успішної адаптації фермерів до нових умов та технологій.

Екологічна реабілітація та відновлення кормової бази не тільки стабілізують екосистеми, але й сприяють економічному зростанню регіонів. Відновлені пасовища забезпечують стійке молочне виробництво, зменшують витрати на закупівлю кормів та зміцнюють регіональну економіку.

Таким чином, інтеграція екологічних, технологічних та управлінських рішень створює міцний фундамент для відновлення молочного скотарства на постраждалих від військових дій територіях України, сприяючи сталому розвитку сільського господарства, екологічному благополуччю та соціально-економічній стабільності.

1.2 Біотехнологічні стратегії відновлення та управління водними ресурсами для сталого розвитку скотарства на деокупованих територіях України

Біотехнологічні стратегії охоплюють широкий спектр методів, технологій та наукових підходів, які спрямовані на використання біологічних систем, живих організмів або їх компонентів для вирішення важливих завдань у сільському господарстві. На деокупованих територіях, де скотарство має стратегічне значення для відновлення економічної та екологічної стабільності, ці стратегії фокусуються на відновленні та управлінні водними ресурсами. Розглянемо основні напрямки цих стратегій:

1. *Біологічні методи очищення та відновлення водних ресурсів.*

Біофільтрація є ефективною методикою очищення води та ґрунту від органічних забруднень, що можуть

утворюватися внаслідок діяльності скотарських комплексів. Цей процес базується на використанні мікробіологічних систем для розкладання забруднюючих речовин. Бактерії видів *Pseudomonas* та *Bacillus* відіграють ключову роль у біофільтрації, здатні ефективно розкладати різні органічні сполуки, включаючи аміак, нітрати, феноли та залишки пестицидів. Ці бактерії також мають потенціал для біодеградації пластмасового сміття [15,16]. Вони використовуються у біофільтрах для очищення стічних вод, що виникають у скотарських фермах та бойнях. Введення таких бактерій у системи очистки дозволяє значно знизити концентрацію забруднень, підтримуючи природний азотний цикл і підвищуючи якість води для повторного використання.

Біоплівкові системи для поглинання токсичних речовин також є важливим компонентом біофільтрації. Вони працюють на основі принципу формування мікроорганізмами колоній на поверхні різних носіїв, таких як піщані фільтри, гравій або активоване вугілля. Ці колонії, або біоплівки, здатні розкладати шкідливі речовини, коли забруднена вода проходить через них. Процес очищення включає адсорбцію та окислення забруднень біоплівкою, що призводить до зростання маси активної біоплівки всередині фільтра. Відпрацьована або мертва біоплівка змивається стічною водою та виводиться з біофільтра, забезпечуючи безперервний процес очищення. Швидкість протікання рідини через біофільтр регулюється з урахуванням розміру завантажувального матеріалу, що безпосередньо впливає на ефективність очищення [17]. Інтеграція таких систем у очисні споруди скотарських господарств дозволяє зменшити навантаження на природні водойми, запобігаючи їхньому евтрофуванню та підтримуючи екологічну рівновагу.

Таким чином, біофільтрація, з використанням бактерій та біоплівкових систем, пропонує стійке та ефективне рішення для управління забрудненням, викликаним скотарською

діяльністю, забезпечуючи очищення водних ресурсів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Фітоочищення або фіторемедіація є екологічно безпечним методом очищення води, ґрунтів та атмосфери від забруднюючих речовин через використання рослин. Цей процес базується на здатності певних видів рослин, таких як очерет звичайний (Phragmites australis), рогіз (Typha) та ряска мала (Lemna minor), поглинати та акумулювати важкі метали (наприклад, свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn)) і залишки пестицидів. Ці рослини не тільки акумулюють шкідливі речовини, але й стають субстратом для розвитку різноманітної мікрофлори, яка знешкоджує значну кількість забруднень, що надходять у водні об'єкти, таким чином сприяючи покращенню якості води.

Дослідження показують, що використання рослин для фіторемедіації може бути ефективним не лише для видалення забруднень, але й для біологічного відновлення екосистем, що зазнали антропогенного впливу. Рослини, що використовуються у фіторемедіації, можуть також збагачувати ґрунт органічною речовиною, покращувати його структуру та підтримувати біологічне різноманіття, що дуже важливо для відновлення екологічного балансу на деокупованих територіях.

В даний час активно проводяться дослідження гіпернакопичувачів, таких як водяний гіацинт (Eichhornia crassipes), який вже інтегрований у процеси фіторемедіації, а також досліджуються можливості генної модифікації рослин для підвищення їх ефективності. Метою є прищеплення рослинам бактеріальних генів, що відповідають за розкладання органічних речовин, наприклад, метилртуті та вибухових речовин. Біофільтраційні системи на основі таких рослин можуть бути інтегровані в дренажні системи та водойми поруч із фермерськими угіддями, забезпечуючи комплексний підхід до очищення води. Крім того, ряска має

потенціал бути використаною як додатковий корм для худоби завдяки високому вмісту білка [18].

Важливим аспектом відновлення водних ресурсів є також відновлення водно-болотних угідь (ВБУ) на деокупованих територіях, де можуть бути деградовані або знищені водно-болотні екосистеми. ВБУ є одними з найбільш продуктивних екосистем на планеті, слугуючи джерелом біологічного різноманіття, води та первинної продуктивності, від яких залежить існування численних видів флори і фауни. Вони надають важливі екосистемні послуги, необхідні для забезпечення здоров'я, добробуту та безпеки населення, яке проживає на території ВБУ або поблизу неї, а також мають глобальний вплив. Відновлення цих угідь сприяє стабілізації рівня води, зменшенню ризиків посух і підтоплень, а також природному очищенню від органічних та хімічних забруднень, що безпосередньо впливає на якість водних ресурсів, доступних для сільського господарства та скотарства [19].

Використання фіторемедіації та відновлення водно-болотних угідь є значними елементами стратегій відновлення та управління водними ресурсами після воєнних дій.

Біосорбенти та природні коагулянти забезпечують ефективне видалення органічних і неорганічних забруднень з води, що є особливо важливим для управління водними ресурсами скотарських комплексів. Цей метод має ряд переваг, таких як доступність обладнання та мінімальна кількість відходів, що утворюються в ході адсорбції, з можливістю повторного використання адсорбенту. Адсорбція є процесом розділення, при якому специфічні фазові компоненти переносяться на поверхню твердого сорбенту [20]. Біополімери, як хітозан та альгінати, мають високу сорбційну здатність і використовуються для видалення важких металів, пестицидів та залишків лікарських препаратів, що можуть потрапляти у водойми через сільськогосподарську діяльність. Завдяки своїм фізико-

хімічним властивостям, ці полімери формують гелі, які сприяють коагуляції забруднень, їх осадженню та подальшому видаленню.

Мікроводорості, такі як *Chlorella* та *Spirulina,* виконують функцію біосорбентів, акумулюючи токсичні елементи у своїх клітинних структурах, одночасно збагачуючи воду біологічно активними сполуками. Грибні культури, зокрема *Trametes* та *Aspergillus,* здатні до біодеградації органічних забруднень, що покращує екологічний стан водойм, необхідних для водопостачання у скотарстві.

Мікроводорості також відіграють важливу роль у біологічному очищенні водних ресурсів, функціонуючи як природні фільтри, які адсорбують та нейтралізують токсини. Завдяки своїй здатності до накопичення важких металів, пестицидів та органічних сполук, вони не лише очищають воду, але й підвищують її біологічну цінність через виділення кисню та збагачення біоактивними речовинами [21]. Впровадження технологій культивування таких видів, як *Chlorella* та *Spirulina,* у природних та штучних водоймах на деокупованих територіях, сприяє значному зменшенню рівня забруднення, що позитивно впливає на якість води для тваринництва.

Багато видів мікроскопічних водоростей використовуються як індикатори органічного забруднення водойм. Наприклад *, α-мезосапробіонти,* як *Scirpus acutus* та *Charion vulgaris,* і *β-мезосапробіонти*, як *Ankistrodesmus falcatus* та численні види *Scenedesmus,* можуть сигналізувати про токсичні забруднення через зміни у швидкості росту та біохімічному складі [22]. Це дозволяє швидко реагувати на екологічні загрози. Використання біосенсорних систем на основі водоростей забезпечує точне оцінювання рівня забруднення, сприяючи своєчасному прийняттю заходів для відновлення якості води.

2. *Біотехнологічні підходи до оптимізації водокористування у скотарстві.*

Розробка та застосування технологій біологічного очищення стічних вод тваринницьких комплексів із подальшим їх використанням для технічних потреб є основним аспектом процесу ефективного управління водними ресурсами. Це передбачає впровадження систем повторного використання води та оптимізацію водного балансу пасовищних екосистем.

Сучасні методи очищення враховують використання мембранних біореакторів (MBR), які поєднують процеси біохімічного окиснення та мембранної фільтрації. Гібридні біомембранні технології забезпечують максимальне використання переваг біологічних і мембранних процесів, виключаючи їх недоліки. [23] Ця технологія дозволяє видаляти зважені частки, патогенні мікроорганізми та хімічні сполуки, роблячи очищену воду придатною для вторинного використання. Впровадження таких реакторів сприяє зменшенню антропогенного навантаження на водойми, покращенню екологічної безпеки та створенню замкнених водних циклів у тваринницьких господарствах.

Збереження вологи в ґрунті дуже важливо для підтримання продуктивності пасовищ та стабільності кормової бази у відновлених агроландшафтах. Використання біополімерних гідрогелів є одним із перспективних рішень для підвищення вологоутримуючої здатності ґрунту, особливо в умовах деокупованих територій та деградації земель. Біополімерні аерогелі - це тип аерогелю, виготовленого з біополімерів, які є природними полімерами, отриманими з живих організмів, таких як рослини (такі як целюлоза, альгінати, крохмаль тощо), тварини (такі як хітозан, колаген, желатин тощо) і бактерії (такі як бактеріальна целюлоза та поліаміди). [24] Вони здатні акумулювати значні об'єми води та поступово віддавати її кореневим системам рослин. Це

сприяє підтриманню оптимального рівня вологості ґрунту, зменшенню ерозійних процесів та підвищенню стійкості кормових культур до посушливих умов.

Мікоризні гриби відіграють важливу роль у регуляції водного балансу пасовищних екосистем через формування симбіотичних зв'язків з кореневими системами рослин, що покращує їхню здатність до поглинання вологи та поживних речовин. Завдяки мікоризі підвищується стійкість трав'яного покриву до стресових факторів, зменшується потреба в додатковому зрошенні та оптимізується мінеральне живлення кормових культур.

Застосування дощової води для забезпечення потреб тваринництва є перспективним напрямком, що дозволяє зменшити навантаження на природні джерела водопостачання та стабілізувати водний баланс у регіоні. Технології збору та очищення дощової води створюють автономні системи водозабезпечення, особливо актуальні у відновлюваних агропромислових зонах. Використання сучасних методів акумуляції опадів дозволяє ефективно збирати, зберігати та розподіляти вологу для напування худоби, приготування кормів і підтримання санітарно-гігієнічних умов у скотарських комплексах. Багатоступеневі біофільтраційні системи з використанням мікроорганізмів, природних коагулянтів та адсорбентів забезпечують очищення дощової води від механічних та органічних забруднень [15], що покращує її якість та придатність для господарських потреб, сприяючи епізоотичному благополуччю та зменшенню ризиків захворюваності серед поголів'я.

Оптимізація зрошувальних систем є важливим елементом раціонального водокористування, що дозволяє підвищити продуктивність пасовищ і кормових угідь, мінімізуючи водні втрати. Впровадження точкового зрошення сприяє ефективному розподілу вологи в кореневмісному шарі

ґрунту, знижуючи рівень поверхневого стоку та випаровування. Використання сенсорних систем для контролю вологості ґрунту дозволяє регулювати інтенсивність поливу залежно від фактичних потреб рослин, що оптимізує витрати води та підвищує її ефективне використання. Біотехнологічні рішення з використанням природних полімерів та гідрогелів сприяють збереженню вологи в ґрунті та поступовому її вивільненню для рослин, що забезпечує стабільне водопостачання кормових культур навіть у посушливі періоди [24].

Інтеграція технологій збору, очищення та ефективного використання води у тваринництві дозволяє не лише мінімізувати водний дефіцит, а й створити умови для екологічно збалансованого ведення господарства. Раціональне управління водними ресурсами сприяє підвищенню продуктивності агроекосистем, зменшенню антропогенного навантаження на природне середовище та формуванню довгострокових стратегій розвитку скотарства на деокупованих територіях України.

3. *Біотехнологічні стратегії для відновлення водних екосистем*

Сталий розвиток скотарства на деокупованих територіях України прямо залежить від ефективного управління водними ресурсами та відновлення деградованих водних і пасовищних екосистем. Цей процес включає не лише збереження існуючих ресурсів, але й активне відновлення та реабілітацію екосистем, що постраждали від воєнних дій та антропогенного впливу. Біотехнологічні стратегії відіграють фундаментальну роль у цих зусиллях, дозволяючи впроваджувати інноваційні методи для відновлення природних екосистем.

Для очищення водойм від забруднюючих речовин, таких як важкі метали, нафтопродукти та хімічні сполуки, використовується біоремедіація — екологічно безпечна

біоінженерна технологія. Біоремедіація передбачає застосування мікроорганізмів, рослин та грибів для перетворення забруднень у нешкідливі продукти. Методика включає внесення високих концентрацій спеціально підібраних мікроорганізмів, які були виділені, генетично селекціоновані та розмножені до форми готового препарату. Це створює штучну високу концентрацію мікробних угруповань, здатних швидко засвоювати забруднювачі як джерело енергії, перетворюючи їх на вуглекислий газ і воду [25].

Рекультивація деградованих водойм є важливим кроком для відновлення природного водного балансу та забезпечення стабільного функціонування агроекосистем. Біотехнологічні методи включають використання аеробних та анаеробних бактерій для покращення якості донних відкладень і сприяння самовідновленню водних екосистем. Створення буферних зон з фіторемедіаційними рослинами, такими як рогіз, очерет та верба, навколо водойм, допомагає зменшити потрапляння біогенних елементів, таких як нітрати та фосфати, у воду, що сприяє очищенню водного середовища.

Використання сидеральних культур є ефективним методом покращення водоутримуючих властивостей пасовищ. Висівання таких культур, як бобові та злакові, дозволяє значно збагачувати ґрунт органічною речовиною, покращувати його структуру, аерацію та здатність утримувати вологу. Бобові сидерати мають особливу цінність завдяки їх здатності до біологічної фіксації азоту з атмосфери, що сприяє збільшенню вмісту цього елемента у ґрунті. Навіть при зніманні зеленої маси цих культур для корму худоби, вміст гумусу і азоту в ґрунті не зменшується, оскільки кореневі рештки бобових культур залишають значну кількість органічної речовини у ґрунті.

Окрім фіксації азоту, бобові сидерати запобігають ущільненню підґрунтя, яке може привести до утворення водонепроникного шару. Це покращує водопроникність ґрунту, що важливо для підтримки водного балансу та попередження ерозійних процесів. Такі зміни у ґрунті сприяють кращому розвитку кореневої системи рослин, що, у свою чергу, підвищує стійкість пасовищ до посушливих умов [26].

Використання сидератів допомагає зменшити потребу в додатковому зрошенні, що є особливо актуальним для регіонів з обмеженими водними ресурсами. Покращення структури ґрунту через внесення сидератів призводить до оптимізації водного режиму, збільшуючи вологоутримуючу здатність ґрунту та зменшуючи випаровування води з поверхні. Це не тільки зберігає водні ресурси, але й підвищує продуктивність кормових угідь, забезпечуючи більш стійке та стале ведення скотарства в умовах обмеженого доступу до води.

Комплексне впровадження біотехнологічних стратегій у відновлення водних екосистем, рекультивацію водойм та реабілітацію пасовищних угідь дозволяє створити екологічно збалансовані умови для ведення скотарства, сприяє покращенню якості водних ресурсів і підвищенню продуктивності агроландшафтів.

4. *Інноваційні біотехнології управління водними ресурсами.*

Сталий розвиток скотарства на деокупованих територіях України в значній мірі залежить від ефективного управління водними ресурсами. Використання інноваційних біотехнологічних методів є фундаментальним для досягнення цієї мети, оскільки вони сприяють відновленню та збереженню водного балансу, очищенню водойм від забруднюючих речовин та оптимізації використання води в тваринництві.

Генетична модифікація мікроорганізмів для очищення водних ресурсів є одним із найбільш перспективних напрямків у біотехнологіях, спрямованих на управління водними ресурсами. Процес біоремедіації забруднень у водному середовищі відбувається через низку етапів, де кожен етап включає використання специфічних ферментативних систем мікроорганізмів, залежно від хімічної структури забруднюючої речовини (полютанта).

Початкові етапи біодеградації ксенобіотиків (хімічні речовини, які не є природними для біологічної системи, в якій вони виявляються) можуть бути здійснені як мікробними угрупованнями, так і монокультурами, які мають каталітичну активність до визначеного біохімічного шляху перетворення конкретної сполуки. Проте для подальшої біотрансформації потрібні інші мікроорганізми, оснащені потужними ферментними системами для повної біодетоксикації через мінералізацію ксенобіотика [27].

Відповідно, розробка біоінженерних штамів бактерій, які володіють підвищеною здатністю до біодеградації токсичних речовин, відкриває нові можливості для ефективного розкладання стійких органічних сполук, пестицидів, залишків антибіотиків та інших забруднювачів, які можуть потрапляти у водні ресурси внаслідок сільськогосподарської діяльності. Використання рекомбінантних мікроорганізмів, що експресують ферменти з підвищеною каталітичною активністю, дозволяє значно прискорити процеси біоремедіації, роблячи їх більш ефективними та екологічно безпечними.

Генетична модифікація дозволяє вносити в геном мікроорганізмів гени, які кодують ферменти, здатні розкладати специфічні забруднення, які природні мікробні спільноти можуть обробляти неефективно. Наприклад, можна ввести гени для ферментів, що розкладають хлорорганічні сполуки або метали, створюючи штами з новими

метаболічними шляхами, які сприяють швидшій та повнішій детоксикації водних ресурсів. Це не тільки покращує якість водних ресурсів, але й зменшує ризик накопичення забруднень, що може мати негативний вплив на здоров'я людей, тварин та водні екосистеми в цілому. Впровадження таких біотехнологічних рішень є вкрай важливим для сталого управління водними ресурсами, особливо на деокупованих територіях, де потрібне швидке та ефективне відновлення екологічної рівноваги.

Для моніторингу стану водних екосистем на деокупованих територіях, призначених для скотарства, біосенсори відіграють дуже важливу роль, надаючи можливість виявляти забруднення у режимі реального часу. Сучасні біосенсорні технології використовують різні біологічні елементи, такі як ферментні системи, антитіла, нуклеїнові кислоти або живі клітини, які вибірково реагують на присутність шкідливих речовин, включаючи важкі метали, нітрати, фосфати та органічні токсиканти.

Одним з інноваційних напрямків у цій сфері є розробка біосенсорів на основі полімерів з молекулярним відбитком (MIP). Ці біосенсори використовують синтетичні полімери, які мають спеціально створені сайти для зв'язування, що імітують природні реактивні центри. Вони забезпечують високу селективність до конкретних молекул забруднювачів, що є необхідним для точного аналізу водного середовища. Стабільність і специфічність таких сенсорів на основі MIP дозволяють їм працювати в суворих умовах навколишнього середовища та витримувати багаторазове використання без втрати чутливості [28,29]

Інтеграція цих біосенсорних систем у тваринницькі господарства на деокупованих територіях має кілька ключових переваг: дозволяє швидко виявляти зміни в якості води , що є важливим для негайного реагування на можливі забруднення; допомагає попереджати потенційні загрози для

здоров'я тварин, викликані забрудненням води; надає можливість запобігати негативному впливу на навколишнє середовище, зменшуючи кількість відходів та забруднювачів, що потрапляють у водойми; забезпечує точність у визначенні забруднень , що дозволяє оптимізувати процеси очищення води, знижуючи витрати на ресурси та енергію.

Автоматизовані біологічні системи контролю за станом водних ресурсів відіграють значну роль у забезпеченні якості води для скотарства на деокупованих територіях. Ці системи характеризуються високою точністю, не вимагають спеціалізованих навичок від робітників, забезпечують швидкий збір даних, їх обробку та негайну передачу на вимірювально-обчислювальний центр для подальшого аналізу. Безперервне спостереження за якісними показниками води дозволяє своєчасно виявляти перевищення нормативних значень забруднюючих речовин, запобігаючи їх потраплянню у природні джерела води [30].

Використання штучного інтелекту (ШІ) та алгоритмів машинного навчання відкриває нові перспективи для ефективності управління водними ресурсами. Ці технології дозволяють розробляти моделі для прогнозування водоспоживання у скотарстві, що сприяє оптимізації роботи іригаційних систем та мінімізації втрат води. Інтеграція ШІ з дистанційним моніторингом стану водойм та рівнів ґрунтових вод дає можливість швидко реагувати на зміни у водному балансі та впроваджувати адаптивні стратегії водокористування. Це особливо важливо в умовах нестабільного клімату та обмежених водних ресурсів.

Комплексне використання генетично модифікованих мікроорганізмів для біоремедіації, біосенсорних систем для моніторингу забруднення та інтелектуальних технологій для оптимізації водокористування дозволяє не лише відновлювати водні ресурси, але й забезпечувати їх раціональне використання. Це вкрай важливо для сталого

розвитку аграрного сектору на деокупованих територіях України, де відновлення екосистем та ефективне управління ресурсами є основою для відновлення продуктивності скотарства.

1.3 Адаптація досвіду постконфліктної трансформації аграрної галузі Боснії та Герцеговини для еко-логістичного відновлення скотарства в післявоєнний період

Міжнародний досвід відновлення скотарства на територіях, де тривали військові дії, свідчить про важливість екологістичного підходу для подолання наслідків війни та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору, зокрема скотарства. Впровадження передових екологістичних практик та технологій дозволяє не лише повернути продуктивність тваринницького сектору, але й зменшити його негативний вплив на довкілля, сприяючи довгостроковій стійкості екосистем. Для України, яка перебуває в процесі післявоєнної трансформації, аналіз міжнародного досвіду відкриває можливості для створення сучасного, сталого скотарства, що зміцнить продовольчу безпеку, економіку та інтеграцію до європейських ринків.

Після війни 1992–1995 років Боснія і Герцеговина (БіГ) зіткнулися з серйозними проблемами в аграрному секторі, зокрема в скотарстві. Три з половиною роки конфлікту спустошили людські та фізичні ресурси та зруйнували економіку БіГ. Близько 1,2 мільйона людей покинули Боснію та Герцеговину, близько 200 000 були загиблими або зниклими безвісти, а з тих, хто залишився, понад мільйон були переміщені внаслідок бойових дій. Загальний збиток, завданий аграрному сектору, оцінювався в 4,54 млрд доларів США; У деяких районах було втрачено до 70 відсотків

сільськогосподарського обладнання та 60 відсотків поголів'я худоби, зруйновано господарські будівлі та зрошувальні системи, а також порушено системи збуту продовольства. [31] Військові дії спричинили не тільки занепад в аграрному виробництва , але й глибоку екологічну деградацію, розрив логістичних ланцюгів та соціально-економічну деструкцію сільських територій.

Інфраструктурні втрати для скотарства стали однією з найгостріших проблем у Боснії та Герцеговині після конфлікту. Значна частина тваринницьких ферм була зруйнована або покинута, знищено доїльні зали, склади для кормів та обладнання для утримання тварин. Переробні підприємства, зокрема молокозаводи й м’ясокомбінати, були розграбовані або виведені з експлуатації. Також зазнали пошкоджень склади, транспортні магістралі та об'єкти зберігання продукції. У сукупності ці втрати призвели до повної зупинки виробничих процесів на багатьох територіях країни.[32]

Екологічна деградація поглибила кризу. Значні площі сільськогосподарських угідь були забруднені через бойові дії: у ґрунтах та водах виявляли залишки важких металів (свинцю, ртуті), паливно-мастильних матеріалів і хімікатів. Особливою проблемою стало мінування земель, яке перетворило пасовища та поля на небезпечні зони, непридатні для випасу худоби чи вирощування кормів. [33] Втрата природного травостою, ерозія ґрунтів і зменшення кормової бази призвели до зниження біопродуктивності угідь.

Соціально-економічні виклики охоплювали втрату поголів’я худоби та масову міграцію сільського населення. Частина тварин загинула під час бойових дій або була забита через дефіцит кормів, інша — загублена або викрадена. Одночасно тисячі жителів були змушені покинути свої домівки, а ті, хто повертався, часто не мали ресурсів чи знань для відновлення фермерської діяльності. [34] Безробіття,

бідність та психосоціальні наслідки війни сприяли глибокій демотивації сільських громад до відновлення тваринництва.

Логістичні проблеми стали додатковим бар'єром. Руйнування доріг, мостів і складів спричинило розрив ланцюгів постачання в тваринництві , а відсутність транспорту і холодильного обладнання призводила до швидкого псування продукції, зокрема молока. Фермери, навіть ті, хто відновив виробництво, не могли вийти на ринки збуту через фізичну ізоляцію або відсутність кооперативних структур, здатних забезпечити логістику. [35]

За підтримки FAO, UNDP та Європейського Союзу, Боснія і Герцеговина розробила комплексні стратегії відновлення скотарства, які поєднували екологічні практики, логістичні інновації та органічне виробництво. Одним із перших кроків стало впровадження стратегії відновлення рекультивації пасовищ та відновлення земель з наступним переліком заходів:

a.*Агролісомеліорація.* Висаджування кормових трав, таких як люцерна, конюшина та еспарцет, а також дерев, як-от акація та верба, сприяло зменшенню ерозії ґрунту та підвищенню його родючості. Ці рослини також допомагали стабілізувати екосистему, фіксуючи азот у ґрунті

b.*Біоремедіація.* Використання мікроорганізмів і рослин, таких як соняшник, для очищення ґрунтів від забруднень, включаючи важкі метали, стало важливим кроком у відновленні екологічної рівноваги

c. *Розмінування.* Завдяки міжнародним програмам FAO та Європейський Союза значна частина земель була очищена від мін, що дозволило повернути їх до сільськогосподарського обігу.

d. *Ротаційний випас*. Впровадження систем ротаційного випасу запобігало виснаженню пасовищ і сприяло відновленню трав'яного покриву, забезпечуючи стійкість екосистем. [36]

Ці заходи створили основу для *органічного скотарства*, забезпечивши доступ до чистих і продуктивних земель. За активної участі міжнародних організацій, зокрема Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), Програми розвитку ООН (UNDP) та Європейського Союзу, було реалізовано низку ініціатив, які поєднували екологічні та логістичні підходи до ведення тваринництва з підтримкою малого фермерства та розвитку експортного потенціалу.

a. Перехід на вирощування кормових культур без застосування синтетичних пестицидів та мінеральних добрив. Багаторічні бобові, такі як люцерна та конюшина, не лише підвищували якість кормової бази, але й сприяли природному збагаченню ґрунту азотом.

b. За сприяння Європейського Союзу та Програми розвитку сільських територій (EUIPARD) [37], було створено механізми сертифікації відповідно до стандартів EU Organic. Це дозволило кооперативам і приватним фермерам отримати офіційне визнання екологічної якості продукції, відкривши доступ до експортних ринків Західної Європи.

c. Органічне скотарство було зорієнтовано на профілактику хвороб через покращення умов утримання: добре вентильовані та чисті приміщення, належний простір для тварин, використання натуральних і фітотерапевтичних добавок для підтримки імунітету. Це дозволило уникати застосування антибіотиків і гормонів росту.[38]

d. З метою зменшення метанових викидів проводилась оптимізація годівлі тварин із збільшенням частки кормових бобових, таких як віка, сочевиця та конюшина. Це позитивно впливало на травлення жуйних тварин і знижувало утворення метану. Деякі господарства впроваджували системи утилізації гною для виробництва біогазу.

e. Органічна продукція забезпечувала фермерам преміальну ціну — в середньому на 20–40% вищу, ніж на звичайну продукцію, що стимулювало розвиток дрібного

фермерства, підвищувало зайнятість у сільських регіонах і сприяло формуванню нових кооперативів.

Логістична складова відіграла найважливішу роль у відновленні скотарства, забезпечуючи ефективний збір, транспортування та переробку продукції. Завдяки міжнародній підтримці та місцевим ініціативам було реалізовано низку інноваційних екологістичних рішень :

a. У регіонах з обмеженим доступом до централізованої інфраструктури були розгорнуті мобільні молокоприймальні пункти. Вони оснащувалися холодильними установками на базі енергоефективних технологій (сонячні панелі, генератори з низьким споживанням пального), а також системами збору й утилізації побічних відходів.) [36,39]

b. Кооперативи об'єднували фермерів для спільного використання транспортних засобів, що знизило витрати на доставку молока та м'яса до переробних заводів.

c. Міжнародні гранти (SSIP) фінансували ремонт сільських доріг і мостів. При цьому застосовувалися нові практики, такі як використання переробленого асфальту, водопроникних поверхонь і біоінженерних укріплень узбіч. [40] Це знижувало теплове навантаження на місцеві екосистеми та підвищувало довговічність інфраструктури.

d. Для забезпечення належної якості органічної продукції були створені регіональні холодильні пункти та транспорт із підтриманням температурного режиму. [36] Моніторинг температури в реальному часі дозволяв гарантувати відповідність європейським стандартам безпеки харчових продуктів (HACCP, ISO 22000).

e. Була отримана ліцензія на надання послуг 3G у 2009 році. В той час як покриття 3G рахувалось майже повним з точки зору населення, проникнення мобільного широкосмугового зв'язку (55,38 відсотка) було нижче середнього європейського та світового рівня. Тому у країні почали впроваджуватися прості мобільні додатки та онлайн-

платформи для координації логістики. [41] Фермери могли попередньо реєструвати обсяги до збору молока , отримувати розклад мобільних пунктів, а також відстежувати статус поставок.

Стійкі логістичні мережі дозволили фермерам швидко відновити збут, уникнути втрат продукції та інтегруватися в європейські ланцюги постачання

У період відновлення після військових дій кооперативні структури Боснії та Герцеговині стали головними рушіями екологістичної модернізації та суспільної інтеграції. Їхня діяльність ґрунтувалася на принципах раціонального використання природних ресурсів, забезпечення екологічної справедливості та інклюзивності у доступі до земельних угідь та виробничих ресурсів. Зусилля кооперативів були спрямовані на впровадження екологічно орієнтованих технологій, таких як органічне землеробство, циркулярні системи логістики, біогазові установки та енергозберігаючі рішення. Це дозволило значно зменшити викиди CO_2, скоротити енергоспоживання та сприяти відновленню деградованих ландшафтів. Основні аспекти екологічної трансформації та соціального згуртування через кооперативи :

a. Спільне використання техніки, закупівля органічних кормів і пакувальних матеріалів із біорозкладних джерел дозволяли знизити загальний екологічний слід виробництва. Колективна логістика зменшувала кількість транспортних рейсів, а централізоване охолодження знижувало енергоспоживання. [42]

b. Кооперативні структури активно займались збереженням локальних порід худоби, адаптованих до місцевих екосистем. Завдяки їхнім зусиллям підтримувалася екосистемна рівновага на пасовищах, а також зберігалися традиційні агроландшафтні практики, що мають екологічну цінність. Органічне виробництво забезпечувало баланс між

економічною рентабельністю та природоохоронними цілями. Навчальні програми з органічного землеробства, сталого управління ландшафтами, агролісомеліорації та циркулярної логістики сприяли формуванню екологічної культури у селянських спільнотах

c. Особливу увагу в кооперативному русі приділяли участі вразливих груп: жінок, ветеранів та внутрішньо переміщених осіб. Це було центральним елементом екологістичних ініціатив. Жіночі кооперативи з органічного сироваріння стали моделлю інтеграції етичного споживання й біоорієнтованого виробництва. [43]

d. Кооперативні структури також запроваджували інноваційні технології, такі як біогазові установки, сонячні панелі та системи збору дощової води. Це сприяло зниженню тиску на природні ресурси та забезпечувало енергетичну автономію громад. [44]

e. Міжнародні організації, такі як FAO, GEF та ЄС, підтримували проекти з екологічної реабілітації ландшафтів: насадження дерев, створення буферних зон для захисту водних ресурсів, рекультивація деградованих земель. Гармонізація екологічних принципів із нормами ЄС, зокрема щодо органічного виробництва та простежуваності продукції, підсилювала експортний потенціал кооперативів

Екологістичне відновлення скотарства в БіГ дало значні результати:

1. Сприяло зменшенню ерозії ґрунтів на 30–40%, що досягалося завдяки впровадженню органічних практик, таких як використання природних добрив і збереження пасовищ. Відновлення біорізноманіття стало можливим завдяки збереженню локальних порід худоби та екосистемних підходів до управління пасовищами. Енергоефективна логістика, включаючи централізоване охолодження та оптимізацію транспортних маршрутів, дозволила значно знизити викиди CO_2.. [45]

2. Виробництво молока зросло до 25% на 2009 - 2010 рік. що стало результатом модернізації ферм та впровадження органічних стандартів. У країні діяли 33 тисячі господарств, які виробляли молоко для товарних цілей. Потужність молокопереробних підприємств у 2008 році становила близько 400 мільйонів літрів, з яких 260 мільйонів літрів припадали на Федерацію БіГ, а 160 мільйонів літрів — на Республіку Сербську. Кількість молочних заводів, сертифікованих за міжнародними стандартами: HACCP - 10, ISO 9001 - 8; ISO 22000 – 2. Загальна кількість молочних ферм, які експортують свою продукцію за межі БіГ, становила 11. [46] Експорт органічної продукції до ЄС сприяв створенню тисяч робочих місць у сільських регіонах, стимулюючи економічне зростання.

3. Завдяки впровадженню холодних ланцюгів постачання вдалося скоротити втрати молока та м'яса на 20%. Ці системи забезпечували збереження якості продукції на всіх етапах транспортування та зберігання. Оптимізовані маршрути транспортування дозволили зменшити витрати на логістику, підвищити ефективність постачання та знизити екологічний вплив через скорочення викидів CO_2. Інноваційні підходи до логістики, такі як централізоване охолодження та використання енергоефективних технологій, сприяли підвищенню стійкості галузі та забезпечували довгострокову екологічну стабільність.

Впровадження стратегій екологістичного відновлення скотарства в Боснії і Герцеговині (БіГ) після війни 1992–1995 років, попри успіхи, супроводжувалося також низкою невдач і труднощів. Ці проблеми виникали через становище в країні, що склалося після завершення збройного конфлікту , обмежені ресурси, соціально-політичні бар'єри та логістичні виклики. Аналіз невдач є дуже важливим для України, щоб уникнути подібних помилок при відновленні власного

аграрного сектору. Ключові невдачі, які виникли під час реалізації стратегій у БіГ:

1. Міжнародна допомога від FAO, UNDP і EU, хоча й була значною, часто не покривала всіх потреб аграрного сектору Боснії і Герцеговини. Так, з понад 250 заявок на підтримку аграрних стартапів було відібрано лише 14. [47] Гранти та кредити розподілялися нерівномірно, що призводило до пріоритетного фінансування регіонів із кращою інфраструктурою, таких як урбанізовані зони, тоді як віддалені сільські громади залишалися недофінансованими. У деяких регіонах, наприклад, у Східній Боснії, фермери скаржилися, що програми мікрокредитування були доступні лише для великих господарств, а не для дрібних, які становили більшість. [8]

2. Мінування сільськогосподарських земель у Боснії і Герцеговині залишалося серйозною перешкодою для відновлення аграрного сектору. Незважаючи на міжнародні програми розмінування, такі як діяльність Mine Action Center (BHMAC), процес був повільним. Першою оцінкою мінної проблеми країни було 4200 км^2 забруднених мінами земель, що становить 8,2 відсотка від загальної території країни. На 2020 рік , десь через 25 років після закінчення військових дій розмір небезпечної зони скоротився до 957 км^2 або 1,96 відсотка від загального розміру країни. Затримки з розмінуванням уповільнювали рекультивацію земель і впровадження ротаційного випасу, що негативно впливало на екосистеми. [48]

3. Процедура отримання сертифікату EU Organic була дорогою, особливо для дрібних фермерів. Вирощування природних кормів вимагало значних інвестицій і часу, в той час як імпорт органічних добавок був недоступним через високу ціну.

Багато фермерів не розуміли вимог органічного виробництва, таких як заборона використання хімічних

добрив, пестицидів чи антибіотиків. Відсутність доступу до освітніх програм і консультацій призводила до того, що фермери продовжували застосовувати традиційні методи, що несумісні з органічними стандартами, Так, у регіоні Центральна Боснія деякі фермери намагалися продавати продукцію як органічну без відповідної сертифікації, що викликало конфлікти з покупцями та послабило довіру до органічного сектору в цілому. [49]

4. Брак досвіду в управлінні кооперативами призводив до неефективного використання ресурсів, корупції та конфліктів у процесі прийняття рішень. Етнічні та соціальні напруження ускладнювали співпрацю в кооперативах. Історичні конфлікти та побоювання щодо нерівного розподілу прибутків змушували багатьох фермерів відмовлятися від участі в кооперативних структурах . Наприклад, у регіоні Герцеговина кооператив із виробництва молока розпався через суперечки щодо розподілу прибутків. Це призвело до втрати контракту з європейським покупцем, що мало негативний вплив на місцеву економіку. [50]

5. Впровадження стійких логістичних мереж у Боснії і Герцеговині зіткнулося з численними перешкодами, які обмежували ефективність транспортування продукції та інтеграцію до міжнародних ринків. Хоча ремонт доріг фінансувався міжнародними донорами, такими як Європейський банк реконструкції та розвитку (EBRD), пріоритет часто віддавався міським магістралям, а не сільським шляхам. При цьому зростання цін на паливо та брак енергоефективних транспортних засобів робили логістику дорогою для кооперативів. Це ускладнювало транспортування продукції з ферм до переробних заводів.

На додаток до цих проблем, мобільні пункти збору молока не завжди були оснащені достатньою кількістю холодильних установок, що призводило до псування продукції, особливо влітку. Так, у регіоні Баня-Лука фермери

втратили значну частину молока через затримки в доставці до молокозаводу, спричинені поганим станом доріг і браком холодильного транспорту. [51]

Обмеження у користуванні централізованими логістичними платформами ускладнювали планування маршрутів та синхронізацію збору молока між фермами та переробними заводами. [41]

6. Політична роздробленість між Федерацією Боснії і Герцеговини (ФБіГ) та Республікою Сербською (РС) значно ускладнювала координацію відновлювальних програм. Процес затвердження проектів і розподілу фондів часто затягувався між адміністраціями ФБіГ і РС. Це гальмувало реалізацію важливих ініціатив. Відсутність єдиного підходу до управління ресурсами та реалізації проектів створювала численні перешкоди: деякі регіони отримували підтримку із запізненням або взагалі залишалися поза програмами через політичні конфлікти. Через неефективність місцевих влад міжнародні донори, такі як ЄС і Світовий банк, іноді скорочували фінансування або перенаправляли його на інші проекти. [52]

7. Перехід до екологістичних та органічних практик у Боснії і Герцеговині зіткнувся з опором серед частини фермерів, які були скептично налаштовані через брак інформації. Ротаційний випас, відмова від хімічних добрив і впровадження біоремедіації сприймалися як складні та менш продуктивні методи, що викликало недовіру серед фермерів. Консервативні громади часто віддавали перевагу звичним методам господарювання, навіть якщо вони призводили до деградації земель. У регіоні Тузла фермери ігнорували рекомендації щодо ротаційного випасу, що призвело до виснаження пасовищ і зниження продуктивності. [53]

8. Незважаючи на успіхи в отриманні сертифікації EU Organic, фермери в Боснії і Герцеговині стикалися з численними труднощами в доступі до міжнародних ринків.

Відсутність ресурсів для участі в міжнародних торгових ярмарках, недостатній досвід для укладання прямих контрактів із європейськими покупцями, а також недостатнє уявлення про вимоги європейських покупців, затримки на митниці, складні бюрократичні процедури продажу обмежували можливості місцевих аграріїв. Так, у 2000-х роках кооператив у Сараєво втратив контракт із німецькою компанією через затримки в поставках, спричинені бюрократичними проблемами на кордоні.

Рекомендації для України.

1. Фінансування є найважливішим аспектом відновлення скотарства, що стає очевидним з аналізу викликів у Боснії і Герцеговині. Недостатнє фінансування та нерівномірний розподіл ресурсів значно обмежили розвиток тваринництва у віддалених регіонах. Саме цей досвід особливо актуальний для деокупованих територій України.

Україні необхідно розробити прозорий механізм розподілу грантів та субсидій, який враховуватиме потреби всіх регіонів, що були звільнені. Потребують окремої уваги віддалені сільські громади зі зруйнованою транспортною інфраструктурою..

Створення національної бази даних для моніторингу розподілу коштів дозволить уникнути корупції та дублювання зусиль. Пріоритет слід надавати фінансуванню екологістичних проектів, такі як очищення та рекультивація земель, екологічно чисті технології утримання тварин, створення локальних логістичних хабів для зберігання, переробки та транспортування продукції та інші.

Розробка програм підтримки дрібних фермерів повинна включати наступні заходи :

а. Запровадження програми мікрокредитування з низькими відсотковими ставками для малих господарств, які становлять значну частину аграрного сектору України.

b. Сприяння отриманню грантів на закупівлю худоби, доїльного обладнання та насіння для органічних кормів.

c. Створення державних програм страхування для фермерів, що ведуть господарчу діяльність на деокупованих та прифронтових територіях.

d. Організація роботи регіональних фондів підтримки скотарських ферм, які координуватимуться місцевими громадами, забезпечуючи швидке реагування на локальні потреби.

Залучення міжнародних програм, таких як EU4AGRI, Horizon Europe та ініціативи Світового банку, для фінансування екологічного скотарства та логістичної інфраструктури, повинно стати пріоритетним напрямком діяльності. [47]. Для відбудови та модернізації переробних підприємств та підтримки кооперативних структур необхідно налагодити співпрацю з міжнародними донорами, такими як Світовий банк або Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР).

2. Заміновані території становлять серйозну перешкоду для відновлення аграрного сектора України, зокрема сільськогосподарських земель, що зазнали значних пошкоджень через воєнні дії. Досвід Боснії і Герцеговини показує, що повільний темп розмінування може гальмувати доступ до ресурсів та економічне зростання, а також впливати на продовольчу безпеку. Для вирішення цієї проблеми Україна застосовує комплексний підхід, спрямований на поєднання сучасних технологій, міжнародної підтримки та ефективної координації. Координацію роботи забезпечує Міністерство економіки України, що грає центральну роль у реалізації державної політики у цій сфері. Була створена національна платформа протимінної діяльності (ПМД) Demine Ukraine, що направлена на комплексне вирішення викликів, пов’язаних із забрудненням українських земель вибухонебезпечними предметами. Під керівництвом Першого віцепрем'єр-міністра

Міністерство економіки забезпечує ефективну роботу Національного органу з протимінної діяльності. Ухвалена Національна стратегія протимінної діяльності визначає три стратегічні цілі:

a. Забезпечення звільнення територій від вибухонебезпечних предметів для їхнього безпечного використання.

b. Зниження впливу мін та інших вибухонебезпечних предметів на життя населення.

c. Розбудова ефективної системи управління протимінною діяльністю.

Ухвалення Стратегії – це один з індикаторів Ukraine Facility, програми фінансової підтримки України з боку Європейського Союзу. [54]

Ухвалення Національної стратегії протимінної діяльності та Операційного плану дозволило отримати чітку «дорожню карту» роботи на наступні роки. Фахівці ПМД повернули до продуктивного використання майже 35,5 тисячі квадратних кілометрів українських земель. На сьогодні Україна має більш ніж 150 важких машин для розмінування, понад 4 тисячі саперів та 69 операторів протимінної діяльності, ще близько 60 операторів перебувають в процесі сертифікації. Запущено механізм компенсації аграріям за послуги з розмінування, що користується значним попитом. У Державному бюджеті України на 2025 рік передбачено 1 мільярд гривень на розширення цієї програми. [55]

Україна активно співпрацює з міжнародними організаціями, такими як HALO Trust, UNMAS, Danish Refugee Council, використовуючи їхній досвід у постконфліктних регіонах.

Очищення чорноземів дозволить швидше повернути продуктивні угіддя в сільське господарство. Рекультивація земель проводиться у співпраці з FAO для відновлення

родючості ґрунтів. Публічний реєстр очищених територій забезпечить прозорість і доступ для фермерів.

3. У БіГ висока вартість сертифікації за стандартами EU Organic стала бар'єром для дрібних фермерів, обмеживши їхній доступ до преміальних європейських ринків. В Україні, де дрібні господарства становлять значну частину аграрного сектору, спрощення сертифікаційних процедур є ключовим для розвитку органічного скотарства. Залучення EU4AGRI та Європейської Комісії до фінансування субсидій на сертифікацію EU Organic зробить цей процес доступним для дрібних фермерів, особливо на деокупованих територіях,

Створення національного органу із сертифікації, який співпрацюватиме з європейськими інституціями та фінансуватиметься через гранти ЄС, забезпечить прозорість і відповідність міжнародним стандартам. Цей орган координуватиме перевірки, надаватиме консультації фермерам і спрощуватиме бюрократичні процедури, що було критичною потребою в БіГ. [19,26] Для кооперативів, які об'єднують дрібних виробників, впровадження групової сертифікації за підтримки FAO знизить індивідуальні витрати та сприятиме колективному підходу до виробництва.

Фінансування навчальних програм через GIZ дозволить організувати тренінги, які пояснять фермерам переваги органічного скотарства, зокрема вищі ціни на продукцію, екологічну сталість і доступ до європейських ринків. Ці тренінги, орієнтовані на деокуповані регіони, мають охоплювати такі методи, як ротаційний випас для зменшення ерозії ґрунтів і біоремедіація для відновлення забруднених земель. Додатково, створення онлайн-платформи з навчальними матеріалами, профінансованої ПРООН, забезпечить доступ до освітніх ресурсів навіть у віддалених чи тимчасово ізольованих громадах на звільнених територіях. [56]

Гранти від Світового банку, можуть бути спрямовані на вирощування органічних кормів, таких як люцерна, конюшина та кукурудзяний силос. Ці культури, адаптовані до українських кліматичних умов, підвищать якість кормів, знизять метанові викиди від худоби та сприятимуть рекультивації земель. [56] Фінансування регіональних центрів виробництва органічних добавок, таких як трав'яні екстракти для здоров'я худоби, через ЄБРР дозволить зменшити залежність від імпорту та створить робочі місця в сільських громадах.

4. Досвід БіГ показує, що недовіра між фермерами, слабке управління та корупція суттєво послаблювали кооперативний рух, призводячи до їхнього розпаду чи неефективності. В Україні, особливо на деокупованих територіях, де соціальна згуртованість може бути порушена через військові дії, створення прозорих кооперативних структур є першочерговим завданням. Закон України "Про сільськогосподарську кооперацію" встановлює правові рамки для діяльності кооперативів, визначаючи механізми їхнього створення, управління та фінансової підтримки. Зміни, внесені до закону у 2021 і 2024 роках, вдосконалили процедури формування кооперативів, підкресливши важливість прозорого управління та залучення місцевих громад. Для реалізації цих принципів необхідно впроваджувати чіткі статути кооперативів, які регулюють розподіл прибутків, обов'язки членів і вирішення конфліктів. [57] Міжнародні донори, такі як GIZ, можуть відіграти важливу роль у підвищенні ефективності управління. Організація тренінгів із фінансової грамотності, маркетингу та стратегічного планування, профінансованих GIZ, допоможе фермерам на деокупованих територіях опанувати сучасні управлінські практики. Ці тренінги мають охоплювати не лише технічні аспекти, але й навички командної роботи, щоб подолати

недовіру, яка часто виникає через соціальні та економічні потрясіння.

Додатково, донорські програми громадського контролю, подібні до UNITER, сприятимуть прозорості. Програма UNITER, спрямована на підтримку громадянського суспільства, може бути адаптована для моніторингу діяльності кооперативів, забезпечуючи обізнаність фермерів, місцевих влад і донорів про їхні досягнення та виклики. Такий підхід підвищить довіру до кооперативного руху та забезпечить ефективне використання ресурсів. [58]

Слабка логістична інфраструктура та брак стартового капіталу в БіГ обмежували здатність кооперативів забезпечувати стабільний збут продукції. В Україні, де військові дії зруйнували транспортні мережі та переробні потужності, міжнародні донори можуть допомогти подолати ці виклики. [58] Стартові гранти від таких організацій, як EU4AGRI, дозволять кооперативам на деокупованих територіях закупити необхідне обладнання, зокрема транспортні засоби та холодильні установки, що є критично важливим для молочного скотарства. [38] Додатковим стимулом для кооперативів стане впровадження податкових пільг, профінансованих через механізми Світового банку, для тих, хто застосовує екологічні практики, такі як ротаційний випас чи використання біогазових установок. Ці пільги не лише знизять фінансове навантаження, але й сприятимуть гармонізації з принципами EU Green Deal.

5. Досвід Боснії і Герцеговини засвідчує важливість впровадження енергоефективних рішень, цифрових технологій та модернізації інфраструктури для забезпечення стійкої екологістики на звільнених територіях. Однією з важливих проблем, з якими зіштовхнулися фермери БіГ, стала відсутність надійних холодильних систем та залежність від нестабільного електропостачання, що призводило до значних втрат молочної продукції, особливо в літній період. У

відповідь на ці виклики було впроваджено мобільні пункти збору молока, оснащені холодильними установками на сонячних панелях. Таке рішення дозволило скоротити втрати продукції на 20% і забезпечити збереження її якості до моменту транспортування на переробні підприємства.

Подібний підхід може бути адаптований для умов деокупованих регіонів України, де енергетична та транспортна інфраструктура зазнала значних пошкоджень. Закупівля енергоефективного транспорту, зокрема електричних або гібридних вантажівок, за підтримки ЄБРР, знизить витрати на паливо та зменшить екологічний вплив, що відповідає стандартам EU Green Deal. Такі транспортні засоби можуть обслуговувати кооперативи, що працюють у віддалених громадах, забезпечуючи регулярні поставки до регіональних логістичних центрів.

Додаткову енергетичну незалежність забезпечить впровадження біогазових установок на фермах. Отриманий із відходів тваринництва біогаз може бути використаний для живлення холодильного обладнання та зарядних станцій для електротранспорту. Це створює замкнений цикл енергозабезпечення і знижує залежність від централізованих енергетичних джерел. Встановлення таких систем за фінансування Німецького товариства міжнародного співробітництва (GIZ) відкриває можливості для комплексної модернізації фермерських господарств.

Інтеграція цифрових рішень також є ключовим компонентом відновлення логістичної інфраструктури. Розробка централізованої цифрової платформи, подібної до AgriAnalytica, дозволить координувати логістичні маршрути, відстежувати доставку в режимі реального часу, а також синхронізувати діяльність між фермерськими господарствами та переробними підприємствами. Важливою функцією такої платформи стане обробка даних про стан доріг, погодні умови

й логістичні потреби кооперативів, що сприятиме оптимальному плануванню перевезень. [59]

Крім того, розробка мобільних додатків для фермерів, які можуть бути профінансовані Програмою розвитку ООН (ПРООН), забезпечить доступ до цифрових логістичних послуг. Завдяки таким додаткам користувачі зможуть повідомляти про готовність продукції до збору, замовляти транспортні послуги та отримувати актуальні повідомлення про зміни в доставці. Додатково, використання супутникових даних програми Copernicus, фінансованої Європейською Комісією, дозволить здійснювати моніторинг стану доріг та визначати об'їзні маршрути у випадках пошкодженої інфраструктури. [60]

Не менш важливим напрямом є відновлення сільських доріг, що з'єднують фермерські господарства з переробними підприємствами. Це має стати пріоритетом відновлювальних робіт, у яких можуть брати участь міжнародні фінансові установи, зокрема ЄБРР та Світовий банк. Для підвищення екологічної ефективності доцільно використовувати перероблені матеріали, зокрема вторинний асфальт.

У контексті інтеграції деокупованих територій в економічну систему країни вирішальну роль відіграватимуть регіональні логістичні хаби. Їх створення за підтримки ініціативи EU4AGRI дозволить не лише забезпечити зберігання, переробку та пакування молока й м'яса, а й інтегрувати відновлювані джерела енергії у логістичні процеси. Оснащення таких об'єктів енергоефективними складами з холодильними системами, що працюють на сонячній або біогазовій енергії, забезпечить стабільність та екологічну стійкість у довгостроковій перспективі.

6. Бюрократичні перепони та політична роздробленість у Боснії і Герцеговини суттєво гальмували реалізацію донорських проектів, затримуючи розподіл ресурсів і впровадження реформ. Для України, яка прагне відновити

скотарство на деокупованих територіях, ці уроки є застереженням, що підкреслюють необхідність чіткої політичної координації, спрощення адміністративних процедур та тісної співпраці з міжнародними партнерами.

Розробка Національної програми відновлення скотарства за підтримки Ukraine Donor Platform [61] , дозволить інтегрувати екологічні, економічні та соціальні цілі, відповідаючи стандартам EU Green Deal. Ця програма має охоплювати основні напрями екологістичного відновлення, такі як рекультивація земель, розвиток органічного скотарства, створення кооперативів і модернізація логістики. Для ефективної координації донорських зусиль необхідно створити міжвідомчу групу, до складу якої увійдуть представники FAO, USAID та уряду України. Ця група забезпечить синхронізацію проектів, уникнення дублювання фінансування та моніторинг прогресу, що було значною потребою у відновленні в БіГ.

Створення донорської консультативної ради, до якої увійдуть представники EU та Світового банку, забезпечить регулярну оцінку прогресу та коригування стратегії відновлення. Ця рада координуватиме донорські проекти, забезпечуючи їхню відповідність національним пріоритетам і стандартам EU Green Deal.

Для розширення експортного потенціалу необхідно укласти угоди з EU про спрощення торгівлі органічною продукцією, фінансуючи переговори через Європейську Комісію. Такі угоди, подібно до тих, що сприяли експорту з БіГ, відкриють українським фермерам доступ до преміальних ринків, підвищуючи їхні доходи та конкурентоспроможність.

Розробка регіональних стратегій, адаптованих до кліматичних і економічних умов, є необхідною для врахування різноманітності українських деокупованих регіонів. Ці стратегії, гармонізовані з національною програмою через ПРООН, забезпечать ефективне використання ресурсів і

максимальний вплив на місцеві громади, що було суттєвою проблемою в БіГ.

7. Відсутність потужної інформаційної підтримки, низька обізнаність та опір змінам у БіГ гальмувати впровадження зелених практик. В Україні, де деокуповані території потребують швидкого відновлення аграрного сектору, кампанії з підвищення обізнаності, демонстраційні проекти, інформаційні центри та цифрові технології є важливими факторами для зміни свідомості фермерів. “Дні відкритих дверей” від FAO та EU4AGRI, пілотні проекти за фінансування Світового банку, інформаційні центри від ПРООН і цифрові рішення від AgTech Ukraine створять умови для популяризації органічного скотарства та інших інновацій. Ці ініціативи, профінансовані міжнародними донорами, дозволять подолати скептицизм, підвищити довіру до зелених практик і забезпечити економічне відновлення, наближаючи Україну до стандартів EU Green Deal. Успіх залежить від співпраці між фермерами, громадами та донорами, а також від адаптації досвіду БіГ до українських реалій, що сприятиме продовольчій безпеці та євроінтеграції.

8. Відновлення аграрного сектору Боснії і Герцеговини продемонструвало, що обмежений доступ до міжнародних ринків, зумовлений недостатнім розвитком маркетингових стратегій, складними митними процедурами та логістичними бар’єрами значно гальмував розвиток експорту.

В Україні створення національного бренду стане важливим кроком до просування молока, сирів та м’яса на європейських ринках. Цей бренд має підкреслювати екологічність і високу якість продукції, відповідаючи вимогам Європейського зеленого курсу. Одночасно, розвиток маркетингових кооперативів за підтримки ЄБРР дозволить об’єднувати дрібних фермерів, забезпечувати професійне пакування, логістику та просування продукції на цифрових платформах

Цифровізація митних процесів за підтримки Світового банку сприятиме автоматизації документообігу, що зменшить бюрократичне навантаження та прискорить проходження кордонів. Інтеграція таких платформ із національними електронними сервісами, зокрема “Дія”, дозволить фермерам з деокупованих територій ефективно здійснювати експортну діяльність.

Окрім цього, укладення угод із ЄС щодо зниження тарифних бар’єрів, підтриманих Європейською Комісією, створить умови для ширшого доступу до європейських ринків. Реалізація “зелених коридорів” для експорту аграрної продукції забезпечить пріоритетне митне оформлення та скоротить час транспортування швидкопсувних товарів.

Обмежена участь у міжнародних виставках у БіГ обмежувала можливості для виходу на нові ринки. В Україні залучення кооперативів і фермерів до таких подій, як BioFach (Німеччина) та SIAL (Франція), за фінансової підтримки EU4AGRI, сприятиме встановленню прямих контактів із покупцями. Організація національних павільйонів, підтриманих ПРООН, посилить міжнародну присутність українських виробників і підкреслить якість вітчизняної продукції.

РОЗДІЛ 2.
ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЛОГІСТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ

2.1 Інтеграція репродуктивних біотехнологій та логістичних методів у процесі відновлення племінного тваринництва на деокупованих територіях України

Традиційні методи селекції тварин, що потребують тривалого часу реалізації, не здатні задовольнити потреби у швидкому відновленні поголів'я на деокупованих територіях України та збільшенні його продуктивності. У цій ситуації кріоконсервація генетичного матеріалу, штучне осіменіння, трансплантація ембріонів та генетична селекція, включаючи CRISPR, набувають ключового значення. Але для їх ефективного використання визначальним є час. Затримки можуть призвести до погіршення якості біоматеріалу та зниження результативності процедур. Це особливо важливо в умовах віддалених чи деокупованих регіонів, де інфраструктура може бути пошкоджена. Поєднання цих біотехнологій з логістичними рішеннями стає основою для відновлення та сталого розвитку тваринництва на звільнених територіях.

Кріоконсервація — це стратегія збереження ex situ (захист організмів або їхньої генетичної інформації за межами природного середовища, як-от у генних банках та програмах розведення в неволі), яка часто співіснує поряд із in situ (захист організмів в їхньому природному середовищі) для захисту та збереження генетики худоби. [62] Однією з головних цілей кріоконсервації залишається збереження генофонду місцевих порід, які можуть опинитися під загрозою. Вона забезпечує довготривале зберігання сперми, ембріонів та інших біологічних зразків, що є основою для відновлення

поголів'я худоби з високими продуктивними характеристиками. Кріоконсервація базується на заморожуванні біоматеріалу в рідкому азоті при температурі -196°C, що дозволяє зберігати його фертильність протягом десятиліть.

Методи кріоконсервації поділяються на два базові типи:

1.*Повільне заморожування* передбачає поступове зниження температури , зі швидкістю приблизно 1–2°C за хвилину протягом 2–4 годин в два або три етапи, вручну або автоматично з використанням спеціального обладнання – заморожувача. Такий режим дає змогу клітинам пристосуватися до змін, зводячи до мінімуму ймовірність пошкоджень. Вважається, що за такого підходу вода в клітинах має час вийти, що зменшує ризик формування кристалів льоду, здатних руйнувати клітинні мембрани. Ефективність даного виду заморожування на сьогоднішній день не є достатньою для успішного збереження ембріонів. В основному цей метод кріоконсервації використовують для заморожування спермадоз [63]

2.*Вітрифікація* – це надшвидке заморожування, при якому біологічний матеріал охолоджується з такою швидкістю, що вода не встигає кристалізуватися. Замість цього, рідина переходить в аморфний, склоподібний стан. Даний метод дозволяє зберігати клітини з мінімальним ушкодженням їхньої структури та функціональності. Для кріоконсервації ембріонів, як правило, використовують саме цей метод заморожування. Ефективність вітрифікації ембріонів досягає 99%. Тобто для ембріонів тварин цей метод є найбільш ефективним. [64]

Обидва способи активно використовуються, враховуючи конкретні цілі та необхідності, чи то для збереження генетичного матеріалу, чи у медичних та біотехнологічних процесах.

Для ефективного функціонування кріоконсервації на деокупованих територіях, як логістичне рішення, пропонується створення багатоступеневої інфраструктури кріогенних банків тварин. Вона передбачає центральні, регіональні та мобільні пункти зберігання генетичного матеріалу. Головним координатором програми з охорони генетичних ресурсів має бути центральний кріогенний банк тварин. Він має відігравати роль ключового сховища з новітніми технологіями контролю температури, автоматизованими системами обліку та високим рівнем безпеки матеріалів. Це гарантуватиме стабільне зберігання та централізовану координацію всіх логістичних операцій. Регіональні кріогенні центри тварин, розташовані у великих аграрних регіонах, можуть стати проміжними вузлами для забезпечення оперативного доступу до матеріалу. Вони дозволять уникнути тривалих перевезень та зменшити логістичні ризики, пов'язані з недостатністю інфраструктури на місцевому рівні.

Сучасні кріогенні банки використовують найновіше обладнання, що гарантує безпечне зберігання біологічного зразка. Найважливішим аспектом є системи моніторингу, що включають прецизійні датчики для вимірювання температури й контролю рівня рідкого азоту (-196°C). Якщо виникають відхилення від норми, автоматика сповіщає про проблему, дозволяючи негайно реагувати набудь-яку загрозу для матеріалу.

Автоматизований запис інформації забезпечує чітке управління наявним матеріалом. Усі зміни температури, стан кріогенного сховища та використання біоматеріалу зберігаються у цифровому форматі. Це зменшує вірогідність помилок операторів та дає змогу ефективно вести облік та аналізувати дані.

Системи резервування є надзвичайно важливими для безперебійної роботи кріогенних банків. При раптовому

припиненні подачі електроенергії чи в інших екстрених випадках використовуються альтернативні джерела живлення та системи підтримки температури. Це гарантує, що генетичний матеріал буде захищено навіть у найскладніших обставинах. У сучасних кріогенних банках , заморожений генетичний матеріал від елітних биків здатний зберігати свої властивості протягом десятиліть, а саме 10-15 років після отримання зразка. Зафіксовано збереження фертильності до 90%.

Мобільні тваринні кріогенні станції відіграватимуть ключову роль у забезпеченні доступу до генетичного матеріалу у важкодоступних регіонах чи областях з зруйнованою інфраструктурою. Вони гарантують тимчасове зберігання та транспортування, коли альтернативні логістичні рішення стають недосяжними. Обладнані автономними джерелами енергії та спеціалізованими ємностями , ці станції здатні оперативно реагувати на потреби тваринницьких господарств. Вони можуть виступати як логістичні центри , де здійснюється розподіл сперми, зберігання запасів рідкого азоту для підтримки кріотехнологій та навчання місцевих фахівців роботі з матеріалом.

Штучне осіменіння із застосуванням кріогенних банків сперми забезпечує швидке та якісне поліпшення всього масиву поголів'я та дає змогу використовувати в сотні разів меншу кількість плідників, що в свою чергу значно зменшує затрати на їхнє утримання. що позитивно відб’ється на економіці тваринницьких ферм на деокупованих територіях.

У м'ясному скотарстві організовують штучне або контрольоване природне осіменіння самок за селекційним планом. Для цього в кожному господарстві потрібно мати стаціонарний і пересувний пункти штучного осіменіння та карду-розкол для дослідження й осіменіння тварин.

Тварин в охоті визначають за рефлексом нерухомості шляхом спостереження за ними під час випасання або

утримання на майданчиках за допомогою бугаїв-пробників. Для цього тварин заганяють у карду (загін), виділяють з ознаками охоти, а решту тварин відганяють на пасовище. Пастух заганяє відібрану в охоті самку через розкіл у станок, закріплює її фіксатором, обробляє зовнішні статеві органи, фіксує хвіст і накладає поперечну скобу на спину корови, а технік осіменяє її. Осіменіння проводять при виявленні охоти і повторюють через 10-12 годин. [65]

Ефективне проведення штучного осіменіння вимагає належної організації логістичних процесів, зокрема:

1. Зберігання замороженої сперми відбувається у посудинах Дьюара, заповнених рідким азотом, який підтримує сталу температуру -196°C. Це гарантує тривалий термін придатності спермодоз та дозволяє їх транспортувати навіть на значні відстані без втрати якості. Посудини Дьюара повинні бути оснащені надійними системами фіксації, котрі утримують контейнери зі спермою у спеціальних гніздах. Металеві стрижні або капронові нитки забезпечують захист від механічних пошкоджень, а маркування на етикетках надає інформацію про позивний та номер бугая, дату забору та кількість доз, що дає можливість вести точний облік генетичного матеріалу. [66]

2. Важливим аспектом логістики також є забезпечення стабільного рівня рідкого азоту у посудинах Дьюара. Зменшення рівня чи зміни температури можуть призвести до ушкодження сперматозоїдів та втрати їх запліднюючої здатності. Це особливо важливо для транспортування на деокуповані території, де доступ до ресурсів може бути обмеженим. Тому необхідно забезпечити регулярний контроль рівня азоту та оперативне постачання азоту в регіони, які відновлюють тваринницьку діяльність.

3. Транспортування сперми також має бути максимально оперативним і безпечним. Використання спеціалізованого транспорту, оснащеного контейнерами для

рідкого азоту з системами моніторингу, дозволяє знизити ризики температурних коливань. Для оптимізації логістичних маршрутів важливо використовувати GPS-технології, які допомагають планувати найшвидші й найзручніші шляхи доставки матеріалу до пунктів штучного осіменіння. Переміщення спермодоз між посудинами має здійснюватися максимально швидко, аби уникнути їх пошкодження. Посудини Дьюара повинні підніматися не вище лінії замерзання в горловині, що запобігає впливу тепла на матеріал. Крім того, важливо забезпечити резервне обладнання для транспортування, яке може бути використане в разі аварійних ситуацій або тривалих перевезень. [66]

4. Перед осіменінням сперму необхідно правильно розморозити та підготувати. Важливо дотримуватися рекомендованих температурних режимів та часу для забезпечення максимальної ефективності запліднення. [67]

5. Потрібно заздалегідь планувати час осіменіння з урахуванням виявлення охоти та підготовки сперми для досягнення високих показників запліднення. Це включає синхронізацію дій персоналу та використання спеціалізованого обладнання.

Дотримання ветеринарно-санітарних норм є обов'язковим під час проведення осіменіння: виконується детальний облік осіменінь, результатів діагностики тільності та отелень. Це включає реєстрацію дат осіменіння, результатів досліджень на вагітність, дат отелень та інформації про приплід. Такий облік дозволяє контролювати стан відтворення стада та своєчасно виявляти та вирішувати проблеми, пов'язані з репродуктивною функцією тварин. [65]

Особливу роль в цьому процесі відіграють інноваційні логістичні рішення, що дають змогу доставляти заморожений матеріал навіть у найбільш віддалені райони. Використання мобільних тваринних кріогенних станцій, обладнаних системами підтримання температури та автономними

генераторами, у цьому випадку стає практичним рішенням на деокупованих територіях. Крім того, використання дронів значно скорочує час доставки, що вкрай важливо для збереження якості матеріалу.

Завдяки можливості отримання якісної сперми безпосередньо з мобільних кріогенних станцій, фермери деокупованих територій можуть зосередити свої ресурси на догляді за материнським поголів'ям та забезпеченні його максимального здоров’я та продуктивності.

Ембріональний трансфер є складним процесом, успішна реалізація якого також залежить від належної логістичної організації та дотримання всіх необхідних умов для транспортування й зберігання ембріонів. Трансплантація ембріонів – це біотехнологічний метод відтворення , який полягає у переносі ембріонів, взятих від генетично найцінніших корів (донорів), до менш цінних тварин (реципієнтів). Цей процес охоплює великий набір клінічних, біотехнологічних та лабораторних процедур, що мають на меті стимулювати суперовуляцію (поліовуляцію) у донорів, їх осіменіння, вимивання з них ембріонів і пересадку цих ембріонів реципієнтам, а також народження від них телят-трансплантантів, котрі успадковують видатні племінні та продуктивні риси корови-донора та самця-плідника [68]. Наступні логістичні методики відіграють найважливішу роль у забезпеченні успішності цього процесу, адже від правильної організації транспортування, зберігання та координації залежить життєздатність ембріонів й кінцевий результат — отримання здорового потомства.

6. Відбір та підготовка донорів та реципієнтів. Використання ембріонів високої якості суттєво підвищує відсоток успішних вагітностей. Натомість перенесення ембріонів низької якості зазвичай призводить до незадовільних результатів і низького рівня вагітності. У майбутньому, з огляду на зростання економічної цінності

тварин та тваринницької продукції, технологія перенесення ембріонів набуватиме дедалі ширшого застосування. Проте підвищення рівня успішності процесу залишається серйозним викликом, який потребує вдосконалення як технологій, так і підходів до відбору донорів і реципієнтів. [69].

Важливим етапом є правильний вибір тварини-донора, особливо серед молочних корів. Одним із ключових критеріїв тут є індекс корови, який вважається найкращим показником її генетичного потенціалу. Цей індекс відображає генетичну здатність тварини до виробництва молока, вмісту жиру й білка в ньому, а також загальну дохідність. Для донорства слід обирати лише тих корів, які мають високий індекс, популярний родовід із доведеною історією успішного розведення та стабільного виробництва. Такі тварини повинні бути вгодованими, здоровими, вільними від хвороб і мати регулярні отелення в анамнезі. Зазвичай як донорів використовують старших корів, які вже довели свою високу продуктивність, мають кілька поколінь якісних нащадків і класифікуються як високопродуктивні.[70]

Для підвищення ефективності перенесення ембріонів також важливо враховувати стан реципієнтів. Вони повинні бути фізіологічно підготовленими до імплантації, мати стабільний репродуктивний цикл і відповідати вимогам щодо здоров'я та харчування. Лише за умови оптимального поєднання якісних ембріонів, ретельно відібраних донорів і здорових реципієнтів можна досягти максимальних показників успішності.

7. Збір і транспортування ембріонів. Під час пошуку та оцінки ембріонів процес відбувається у наступній послідовності. Після вимивання ембріонів із матки корів-донорів (зазвичай на 6-8 день після осіменіння), їх переносять в термостат при температурі 37° С, де відбувається відстоювання та осадження. Після відстоювання, верхній шар промивної рідини відсмоктують, використовуючи сифон або

шприц з довгою голкою, залишаючи в ємності від 50 до 100 мл рідини. Залишок промивної рідини розливають в 2–3 чашки Петрі (з пластику), на дно котрих для полегшення пошуку попередньо нанесено сітку з квадратами 1х1см. Під бінокулярною лупою або стереоскопічним мікроскопом при 14–28-кратному збільшенні знаходять ембріони і за допомогою шприця з скляною прозорою голкою переносять в малі чашки Петрі в поживне середовище для короткотермінового зберігання і оцінки [71]

Далі ембріони перевіряють на морфологічну якість, зокрема симетрію клітин, відсутність фрагментації та життєздатність. Використання спеціального обладнання, як-от мікроскопів високої роздільної здатності, допомагає виконати точну оцінку.

Перед транспортуванням ембріони поміщають у середовище для культивування, яке підтримує їх фізіологічні потреби. Температура має бути стабільною, близько 37°C, що імітує природні умови матки. Для цього використовуються портативні інкубатори з системою постійного контролю температури. Обов'язковою умовою є стерильність середовища, щоб уникнути ризику контамінації.

Транспортування ембріонів має бути швидким та обережним. Усі маніпуляції виконуються в умовах стерильності. Використовуються герметичні контейнери та інкубатори, які гарантують захист ембріонів від температурних коливань. Максимальний час, який може пройти від вимивання до трансплантації або заморожування, становить кілька годин. Затримка може призвести до втрати життєздатності ембріонів.

8. Кріоконсервація та зберігання. Якщо ембріони не пересаджуються негайно, їх заморожують методом вітрифікації та направляють в кріосховище для тривалого зберігання. Логістика цього етапу передбачає використання рідкого азоту (-196°C), спеціальних резервуарів для подачі та

перекачування рідкого азоту (посудини Дьюара) та чіткого маркування для ідентифікації генетичного матеріалу.

Варто зазначити, що процес кріоконсервації ембріонів значно складніший, аніж кріоконсервація сперми, адже ембріони – багатоклітинні структури. Через це надзвичайно важливе значення має підготовка ембріонів до заморожування , зокрема їх захист від температурного та осмотичного впливу.

Для заморожування використовують тільки свіжоодержані ембріони, тому що зберігання негативно впливає на їх життєздатність при холодових обробках. Максимальне скорочення часу підготовки ембріонів до заморожування - одне з найголовніших вимог успішного заморожування.[71]

Заморожування та відтаювання ембріонів супроводжується кристалізацією води та концентруванням розчинних речовин в рідкій фазі, що може привести до загибелі ембріона. Щоб запобігти кристалізації води в склад спеціального середовища вводять кріопротектори гліцерин або диметілсульфоксид (ДМСО), а щоб запобігти осмотичному впливу штучно стимулюють кристалізацію (сидінг).

Значний вплив на здатність ембріонів до виживання чинить і швидкість розморожування, яка безпосередньо пов'язана зі швидкістю охолодження. Якщо заморожування відбувалось швидко, то й розморожування має бути швидким для забезпечення високої виживаності. У випадку повільного охолодження, процес розморожування повинен бути теж повільним. [72]

Після заморожування ембріонів поміщають у спеціальні пластикові соломинки або кріовіали, які маркують із зазначенням інформації про донора, дату збору, породу та генетичні характеристики. Цей етап завершується зануренням ембріонів у рідкий азот при температурі -196°C, де вони переходять у стан "призупиненої життєдіяльності". Для

тривалого зберігання їх направляють в кріосховища - спеціальні резервуари (Дьюари), заповнені рідким азотом. Зберігання ембріонів після кріоконсервації вимагає не лише технічної бази, а й продуманого логістичного підходу:

транспортування заморожених ембріонів до кріосховища є дуже важливим етапом етапом у збереженні їхньої життєздатності та подальшого використання. Якщо заморожування ембріонів відбувається у польових умовах або на фермі, важливо організувати доставку до стаціонарного кріосховища у найкоротший термін. Для цього використовуються спеціальні портативні кріоконтейнери (кріошиппери) , що спеціально розроблені для транспортування біологічних зразків при кріогенних температурах з використанням парової фази рідкого азоту. Їх відмінною особливістю є їхня здатність запобігати прямому контакту між зразками та рідким азотом, зменшуючи ризики забруднення та забезпечуючи стабільні кріогенні умови під час транспортування. [73]. Структура транспортера складається з двох основних компонентів: внутрішньої каністри та зовнішньої захисної оболонки. Внутрішня каністра, призначена для зберігання біологічних зразків, розташована в паровій фазі рідкого азоту. Ця конфігурація гарантує, що зразки зберігаються при температурах нижче -150 °C протягом тривалого часу. [74], тому що навіть короткочасне підвищення температури вище -130°C може призвести до деградації ембріонів через рекристалізацію льоду. Вкрай важливо мінімізувати час транспортування, оскільки навіть короткочасне порушення температурного режиму може негативно вплинути на якість збереженого матеріалу,

в стаціонарних кріосховищах резервуари регулярно перевіряють і поповнюють рідким азотом, щоб уникнути його вичерпання, застосовуючи автоматичні системи моніторингу з датчиками рівня та температури, які сповіщають персонал у разі відхилень. Ембріони зберігаються в пронумерованих

касетах або стелажах, що полегшує їх пошук і запобігає плутанині. Логістика довгострокового зберігання передбачає створення централізованої бази даних для обліку всіх зразків. У цій базі фіксуються такі параметри, як походження ембріонів, якість, дата заморожування та прогнозоване використання. Такий підхід дозволяє оптимізувати запаси, запобігти надлишковому накопиченню матеріалу та уникнути можливих втрат через помилки у документації,

ембріони часто транспортують між країнами для імпорту чи експорту генетичного матеріалу з метою поліпшення порід або диверсифікації генофонду. Цей процес вимагає ретельного дотримання міжнародних ветеринарних стандартів, наприклад, регламентів OIE (Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин). Кожна партія ембріонів повинна супроводжуватися повним пакетом документів, включаючи сертифікати якості, дозволи на ввезення/вивезення та ветеринарні висновки. Крім того, митні процедури потребують відповідальності та точності, щоб уникнути затримок чи неправильного оформлення.

Технологічний аспект логістичних методик додає нові можливості для вдосконалення зберігання:

впровадження роботизованих систем мінімізує людський фактор і підвищує ефективність управління генетичним матеріалом. Завдяки автоматизованим рішенням, процеси розміщення та вилучення ембріонів здійснюються швидше і з меншою ймовірністю помилок. Роботизовані системи забезпечують точність у розташуванні зразків, мінімальний контакт із зовнішнім середовищем і точну ідентифікацію матеріалу. Крім того, автоматизація дозволяє інтегрувати ці процеси з базами даних, забезпечуючи прозоре управління запасами,

створення нових кріопротекторів, які не лише зменшують ризик утворення кристалів льоду, але й захищають клітинну структуру на молекулярному рівні.

Вдосконалюються методи вітрифікації, що передбачають ультрашвидке заморожування ембріонів, де процес охолодження триває долі секунди,

кріосховища створюються з урахуванням удосконаленої теплоізоляції, яка дозволяє знизити втрати тепла і, відповідно, зменшити витрати рідкого азоту. Додатково розробляються системи регенерації енергії, які використовують залишкове тепло для підтримки функціонування інших технологічних процесів.

9. Синхронізація та пересадка. Одним із ключових аспектів логістичного забезпечення перенесення ембріонів є синхронізація статевих циклів донорів та реципієнтів, яка здійснюється за допомогою спеціальних гормональних препаратів, таких як прогестерон, естроген чи гонадотропін-рилізинг-гормон (GnRH), для точного налаштування циклів. Ця процедура забезпечує синхронізацію вікна імплантації, тобто періоду, коли матка реципієнта готова прийняти ембріони.

Сам процес пересадки ембріонів може виконуватися як хірургічним, так і нехірургічним способом.

Нехірургічний метод передбачає введення катетера через шийку матки до порожнини матки. Це менш інвазивний процес, який може проводитися без наркозу та у стандартних умовах. Для виконання нехірургічної пересадки ембріонів розроблено безліч спеціалізованих пристроїв та катетерів. Найпоширенішими є катетери, які складаються з металевого корпусу у формі трубки і механізму поршня, який використовується для витискання ембріона з пайєти. Такі катетери також можуть бути оснащені захисними кожухами та чохлами для додаткової стерильності та безпеки під час проведення процедури. Серед відомих виробників цих пристроїв можна відзначити такі компанії, як французька IMB і німецька Minitüb, які пропонують високоякісне обладнання для репродуктивних технологій.

Перед початком роботи всі інструменти проходять обов'язкову стерилізацію. Стерилізація здійснюється методом кип'ятіння, після чого інструменти ретельно висушуються та зберігаються у настільному боксі. Цей бокс обладнаний бактерицидною лампою, яка активується безпосередньо перед процедурою для забезпечення максимального рівня стерильності. Перед введенням катетера в статеві шляхи він піддається дезінфекції, щоб уникнути ризику зараження. Крім того, для полегшення введення та захисту слизових оболонок катетер покривають спеціальним силіконовим мастилом. Такий підхід забезпечує не тільки комфортність процедури, але й ефективність перенесення ембріонів. [71]

Хірургічна пересадка, навпаки, здійснюється через лапаротомію або лапароскопію, при якій ембріони імплантуються безпосередньо в ріг матки. Для проведення цієї процедури потрібні операційна практика, спеціалізовані приміщення та набір стерильних хірургічних інструментів. Основною перевагою хірургічного методу є можливість введення ембріонів глибоко в ріг матки, що часто неможливо при використанні нехірургічних методів.

Однак цей метод класифікується як порожнинна операція, яка потребує дотримання суворих умов стерильності для запобігання інфекційним ускладненням. Процедура передбачає резекцію, яка наносить тварині травми. Це зумовлює обмеження багаторазового використання реципієнта через фізіологічні особливості відновлення після операції.

Ефективність хірургічного методу становить 60-70%, що робить його ефективним, але пов’язує з низкою ризиків та необхідністю високої кваліфікації персоналу. Під час процедури критично важливо забезпечити абсолютну стерильність, уважний моніторинг стану тварини та використання високоякісного обладнання. [71]

Порівняно з нехірургічними методами, хірургічна пересадка ембріонів забезпечує більшу точність і контроль, але вимагає більше ресурсів і має вищий рівень інвазивності. У сукупності це підкреслює важливість правильного вибору методу пересадки залежно від індивідуальних обставин та потреб.

10. Моніторинг та післяопераційна логістика. Після завершення процедури реципієнтів утримують у контрольованих умовах, таких як спеціальні станки, протягом 1-2 годин. Це необхідно для спостереження за фізіологічним станом та забезпечення початкової адаптації після операції. У цей період ветеринарний персонал здійснює оцінку загального стану тварини, її поведінки, активності та реакцій.

Після спостереження реципієнти повертаються до стада, але на цьому етапі їхня логістика продовжує включати регулярний ветеринарний нагляд. Основним завданням є контроль здоров'я тварин та підтвердження вагітності, яке здійснюється через 30-60 днів після процедури.

Оптимальний догляд за реципієнтами включає забезпечення якісного харчування, доступ до чистої води та комфортних умов утримання. Знижений рівень стресу та підтримка імунітету дуже важливі для успішного закріплення вагітності. У разі виникнення ускладнень або відсутності ознак вагітності проводиться додаткова ветеринарна діагностика з метою корекції лікування.

Логістика також охоплює планування довгострокового моніторингу для забезпечення належної підтримки вагітності та виявлення потенційних ризиків на ранніх стадіях. Цей підхід дозволяє мінімізувати ризики, підтримувати здоров'я тварин та підвищити ефективність трансплантації.

Технологія ембріонального трансферу – найдієвіший метод якнайшвидше відновити племінного поголів'я на деокупованих територіях. Щоб успішно втілити її, необхідно налагодити логістичні ланцюги постачання ембріонів,

забезпечити фахівців відповідної кваліфікації та створити інфраструктуру для зберігання та трансплантації ембріонів.

Відновлення тваринництва на деокупованих територіях вимагає сучасних підходів, які поєднують передові генетичні технології та продуману логістику. Традиційні методи селекції, що потребують значного часу для досягнення результатів, не відповідають нагальним потребам швидкого відновлення поголів'я худоби. У цьому контексті сучасні біотехнології, такі як редагування геному за допомогою CRISPR-Cas9, відкривають нові можливості.

Вона базується на природному механізмі бактеріального імунітету тварин, де система CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) разом із ферментом Cas9 використовується для розпізнавання та розрізання чужорідної ДНК. Така технологія дозволила проводити високоефективну і більш просту геномну інженерію великої рогатої худоби , створюючи породи з підвищеною стійкістю до хвороб, адаптованістю до кліматичних змін nf покращеною продуктивністю. Це є радикальним відходом від традиційних методів створення генетично модифікованої худоби , коли чужорідні ДНК випадковим чином інтегруються в геном тварини, найчастіше разом з інтеграціями бактеріальних або вірусних ДНК. [75]

Генетичне тестування відіграє не менш важливу роль у цьому процесі. Воно дає змогу з високою точністю ідентифікувати тварин із цінними генетичними характеристиками, створюючи базу для подальшого редагування геному чи селекційного відбору. Цей підхід особливо цінний для збереження генетичних ліній, які могли бути втрачені через бойові дії, а також для виявлення схильностей до захворювань чи інших ключових рис. Завдяки генетичному аналізу селекційний процес стає більш цілеспрямованим і швидким, що дозволяє в рази скоротити

час, необхідний для відновлення продуктивного поголів'я порівняно з класичними методами.

Логістична складова впровадження цих технологій на деокупованих територіях стикається з численними викликами, зумовленими зруйнованою інфраструктурою, замінованими територіями та нестабільною безпековою ситуацією. Доставка генетичного матеріалу, такого як заморожені ембріони чи сперма, а також рідкого азоту й ветеринарних препаратів, потребує не лише сучасного обладнання, а й ретельно спланованих маршрутів. У регіонах із пошкодженими дорогами, зруйнованими мостами та зонами потенційної небезпеки традиційні логістичні підходи стають неефективними. Для подолання цих труднощів необхідно використовувати супутникові знімки та геоінформаційні системи, які дозволяють картувати безпечні й доступні шляхи, враховуючи стан інфраструктури. [76]

Співпраця з військовими підрозділами та командами з розмінування відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки транспортування. Розчищення ключових маршрутів від мін і вибухонебезпечних предметів створює передумови для відновлення руху транспорту, а створення так званих "зелених коридорів", узгоджених із місцевою владою, забезпечує безперебійну доставку чутливих біологічних матеріалів. Швидкість транспортування має вирішальне значення, адже від стабільності умов зберігання залежить життєздатність генетичного матеріалу. Для цього доцільно застосовувати спеціалізований транспорт із контейнерами, оснащеними системами моніторингу температури, а також GPS-технології для відстеження в реальному часі.

Логістичні рішення для подолання бар'єрів у впровадженні сучасних біотехнологій, таких як редагування геному за допомогою CRISPR-Cas9 з генетичним тестуванням:

11. Використання пересувних лабораторій значно зменшує потребу в перевезенні генетичних зразків, таких як ембріони чи ДНК, до стаціонарних центрів, що зазвичай пов'язано з логістичними труднощами. Завдяки можливості працювати на місці, ці лабораторії мінімізують ймовірність деградації зразків, зберігаючи їхню цілісність і придатність для подальшого використання. Крім того, вони забезпечують оперативність аналізів у польових умовах, дозволяючи швидко отримувати результати, які необхідні для прийняття рішень щодо селекції чи генного редагування.

Серед обладнання, яке застосовується в таких лабораторіях, особливе місце займають портативні секвенатори, наприклад, Oxford Nanopore MinION. Ці компактні пристрої здатні швидко розшифровувати послідовності ДНК, виявляти тварин із цінними генетичними рисами або контролювати результати генної інженерії, наприклад, після використання технології CRISPR-Cas9. Завдяки своїй мобільності та високій продуктивності вони ідеально підходять для роботи в умовах, де доступ до стаціонарних лабораторій обмежений. Таке обладнання дозволяє не лише прискорити процеси генетичного аналізу, а й адаптувати їх до потреб конкретного регіону, сприяючи ефективному відновленню поголів'я худоби та підвищенню його продуктивності. [77]

Інтеграція таких мобільних лабораторій у ширшу систему логістики та генетичних досліджень створює основу для швидкого реагування на виклики деокупованих територій, забезпечуючи як негайні результати, так і довгостроковий розвиток тваринництва.

12. Стабілізатори для генетичного матеріалу відіграють важливу роль у спрощенні логістики та підвищенні ефективності роботи з біологічними зразками, особливо в умовах деокупованих територій. Такі технології, як FTA-карти, дозволяють зберігати генетичний матеріал, наприклад ДНК,

без необхідності заморожування, що робить їх незамінними в регіонах із обмеженим доступом до електроенергії чи холодильного обладнання. Ці стабілізатори являють собою спеціальні матриці, на які наносяться зразки, після чого вони висихають і залишаються стабільними за кімнатної температури протягом тривалого часу.

Однією з ключових переваг використання стабілізаторів є зручність транспортування. Відсутність потреби в холодовому ланцюгу значно спрощує логістичні процеси, усуваючи залежність від спеціалізованих контейнерів із рідким азотом чи холодильних установок. Це не лише знижує витрати на перевезення й зберігання, а й робить технологію доступною для віддалених або зруйнованих регіонів. Для деокупованих територій такі рішення особливо актуальні, тому що дозволяють зберегти якість зразків без додаткових ресурсів. [78]

Розширення можливостей стабілізаторів пов'язане з дослідженнями нових матеріалів, які могли б забезпечити ще триваліше зберігання не лише ДНК, а й РНК, що є більш чутливою до деградації. Вчені працюють над удосконаленням хімічних складів і структури стабілізуючих матриць, щоб підвищити їхню здатність захищати генетичний матеріал від впливу вологи, температури чи інших зовнішніх факторів. Такі інновації можуть розширити спектр застосування стабілізаторів, зробивши їх універсальним інструментом для генетичних досліджень і селекційних програм у польових умовах.

13. Децентралізована лабораторна мережа є перспективним рішенням для оптимізації роботи з генетичним матеріалом і відновлення тваринництва на деокупованих територіях. Її суть полягає у створенні невеликих лабораторій, розташованих поблизу місць збору зразків, що дозволяє значно підвищити ефективність процесів у складних умовах. Такий підхід усуває необхідність тривалого транспортування

біологічних матеріалів до центральних лабораторій, що особливо важливо в регіонах із зруйнованою інфраструктурою чи обмеженим доступом до транспортних шляхів.

Однією з головних переваг децентралізованої мережі є скорочення часу доставки зразків.. Крім того, розміщення лабораторій у віддалених регіонах робить технології генної інженерії та селекції ближчими до місцевих фермерів і тваринницьких господарств. Створення таких лабораторій сприяє підготовці місцевих спеціалістів у галузі молекулярної біології. Навчання персоналу на місцях дозволяє не лише забезпечити функціонування лабораторій, а й підвищити рівень експертизи в деокупованих регіонах.

Цей підхід ідеально доповнює інші логістичні рішення, такі як пересувні лабораторії чи стабілізатори генетичного матеріалу. Невеликі лабораторії, розташовані поблизу ферм, можуть працювати в тандемі з мобільними одиницями, обробляючи зразки, стабілізовані FTA-картами, або проводячи первинний аналіз перед передачею даних до центральних дослідницьких центрів.

2.2 Системна інтеграція біобезпеки та ветеринарної логістики для забезпечення стійкого розвитку скотарства в умовах біологічних загроз та післявоєнного відновлення.

Біобезпека у скотарстві становить цілісну систему науково обґрунтованих заходів, спрямованих на запобігання виникненню, поширенню та ліквідацію біологічних загроз, що походять від патогенних мікроорганізмів. Йдеться про збудників інфекційних хвороб, які можуть мати різне походження та шляхи поширення, а також про продукти їх

життєдіяльності, здатні чинити негативний вплив на здоров'я тварин і людей, стан довкілля та продовольчу безпеку.

Формування біологічних загроз у тваринництві зумовлене складною взаємодією біоценозів із зовнішнім середовищем, на які впливають зміни клімату, техногенні навантаження, деградація екосистем та інші чинники антропогенного походження. Порушення стабільності мікробних спільнот, спричинене цими змінами, веде до зростання ймовірності епізоотичних спалахів, особливо в умовах зниження загального імунного статусу тварин. [79]

Заходи з біобезпеки, впроваджувані на господарському рівні, відіграють важливу роль не лише у сфері охорони здоров'я тварин, але й у зміцненні економічної стабільності аграрного сектору та досягненні відповідності міжнародним вимогам. Вони узгоджуються зі стандартами Міжнародного епізоотичного бюро (WOAH) та Codex Alimentarius [80], що є необхідною умовою для інтеграції України у світовий ринок тваринницької продукції.

В Україні проблема біобезпеки набула особливої актуальності у зв'язку з післявоєнним відновленням, що супроводжується зростанням епізоотичних ризиків та підвищеною вразливістю скотарських господарств. Поточна епізоотична ситуація в Україні залишається напруженою, що проявляється у періодичних спалахах таких захворювань, як африканська чума свиней, грип птиці, сказ, а також поодинокі випадки лептоспірозу. Хоча в Україні ніколи не реєструвалися деякі особливо небезпечні інфекції, що загрожують тваринництву інших регіонів світу, ризик їхнього занесення залишається реальним.

Це особливо актуально в контексті загострення епізоотичної ситуації у суміжних державах, зокрема щодо захворювань на ящур та заразний вузликовий дерматит великої рогатої худоби. З огляду на військові дії, ракетні обстріли у державі та динаміку зовнішньоторговельних

процесів, існує постійна загроза проникнення нових збудників на територію України, що вимагає посиленого контролю, системної профілактики та інтегрованого підходу до управління біологічними ризиками в агросекторі. [79]

Основою біобезпеки у скотарстві є три взаємопов'язані компоненти: ізоляція, контроль доступу та вакцинація, які створюють цілісну систему захисту, адаптовану до специфіки тваринницьких господарств та регіональних особливостей.

Ізоляція є фундаментом біобезпеки , забезпечуючи просторове, часово-організаційне та біологічне відокремлення тваринницьких об'єктів для запобігання занесенню та поширенню патогенів. Вона реалізується через фізичні, логістичні та цифрові заходи, адаптовані до специфіки кожного скотарського господарства.

Фізична ізоляція включає встановлення огорож, буферних зон та ізоляторів для новоприбулих тварин, що дозволяє створити бар'єр між потенційно зараженим зовнішнім середовищем та виробничим процесом. Окреме зонування господарства на «брудні» та «чисті» ділянки з чіткими маршрутами руху персоналу, транспорту та тварин є необхідною умовою ефективного контролю біоризиків.

Ізоляція виконує роль контрольної точки у ланцюгах постачання, дозволяючи здійснювати безпечне переміщення тварин, кормів та продукції. Карантинні зони розглядаються як логістичні вузли, що інтегрують серологічний моніторинг, ПЛР-діагностику та адаптацію тварин до виробничого середовища. За даними FAO/WHO Codex Compendium on Antimicrobial Resistance, впровадження таких заходів дозволяє знизити ризик інфекцій на 15–20% у порівнянні з господарствами без структурованого карантину. [81]

Принцип «все вхід — все вихід» (all-in/all-out), який передбачає одночасне розміщення та виведення груп тварин, дозволяє уникнути перехресного інфікування. Цей підхід

особливо ефективний на свинофермах , де тварини мають високу щільність утримання. AI/AO-системи зменшують тиск інфекцій та покращують продуктивність тварин.. Цифрові технології, як-от системи моніторингу на основі IoT, відеонагляд та електронні платформи обліку тварин, забезпечують прозорість та простежуваність усіх логістичних операцій, пов'язаних з ізоляцією. [82]

Контроль доступу є одним з найважливіших компонентів системи біобезпеки у тваринництві, оскільки дозволяє ефективно знижувати ризик занесення збудників інфекцій через людський фактор, транспортні засоби, обладнання та корми. Його ефективність досягається завдяки комплексного підходу, що включає суворий контроль переміщення тварин, моніторинг дикої фауни, дезінфекційні заходи та активну профілактичну роботу серед населення. Лише завдяки злагодженим діям відповідних служб, цифровим рішенням та дотриманню рекомендацій можливо функціонувати як єдиний запобіжний механізм стримування поширення інфекції..

Одним із базових інструментів контроля доступу є створення дезінфекційних бар'єрів, що встановлюються на входах до виробничих зон скотарських комплексів. Їх використання спрямоване на нейтралізацію патогенів, які можуть потрапити до ферми на взутті, колесах транспорту або елементах обладнання. [83]

Організаційний аспект передбачає суворий контроль за переміщенням осіб на території господарства. Обмеження доступу сторонніх осіб реалізується через системи ідентифікації, ведення журналів відвідувань, попередню реєстрацію та супровід відвідувачів уповноваженим персоналом. Успішний приклад такого підходу продемонстровано на підприємствах, де впровадження душових шлюзів, спецодягу та суворого регламенту

переміщень дозволило суттєво знизити ризики занесення африканської чуми свиней.

Не менш важливою складовою є контроль за переміщенням транспорту, який передбачає обов'язкову дезінфекцію колісних пар і кузова, обмеження на в'їзд несанкціонованих машин, а також ведення журналів руху. Цей напрям регулюється на рівні державної політики: зокрема, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України №537 [84] , у період воєнного стану такий контроль є невід'ємною частиною ветеринарно-санітарного нагляду.

Значну увагу також приділяють безпеці кормів, які можуть стати джерелом вторинної контамінації. Вимоги щодо сертифікації, перевірки походження, умов зберігання та недопущення забруднення прописані в українському законодавстві , що покладає відповідальність за безпечність кормів на операторів ринку.[85]

Сучасний рівень розвитку цифрових технологій відкриває нові можливості для автоматизації систем контролю доступу. Використання біометричних турнікетів, карток з радіочастотною ідентифікацією (RFID) та інструментів відеоаналітики забезпечує точний облік переміщень персоналу та швидке реагування у разі виявлення порушень.

Вакцинація є також важливим компонентом системи біобезпеки в тваринництві, що базується на науково обґрунтованих графіках імунізації, які враховують видові особливості тварин, їх вік, епізоотичну ситуацію в регіоні та сезонні чинники, що впливають на імуногенність вакцин. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати захист поголів'я від найбільш вірогідних та патогенних збудників, а й мінімізувати економічні втрати, пов'язані з інфекційними спалахами. Практичні стратегії імунопрофілактики формуються на основі клінічних досліджень і мають бути

адаптовані до умов конкретного господарства в тісній співпраці між ветеринарним лікарем та виробником.

У ветеринарній практиці використовуються різні типи вакцин: живі ослаблені, інактивовані та генно-інженерні. Живі вакцини забезпечують сильну імунну відповідь, але супроводжуються потенційними ризиками побічних ефектів, особливо у вагітних або імунокомпрометованих тварин. Інактивовані вакцини є безпечнішими, хоча потребують дворазового введення та можуть спричинити місцеві реакції внаслідок дії ад'ювантів. Генно-інженерні вакцини, зокрема субодиничні, маркерні та векторні, мають високу специфічність й перспективні для використання у програмах ерадикації, хоча наразі їх поширення в м'ясному скотарстві обмежене.

Оптимальний вибір вакцинальної стратегії базується на комплексній оцінці ризику занесення інфекції, ефективності й безпеки препарату, вартості та зручності його застосування, а також очікуваних продуктивних вигод. Ефективність вакцинації реалізується лише за умови реального контакту тварин із патогеном. Зокрема, профілактика вірусної діареї ВРХ та інфекційного ринотрахеїту потребує особливої уваги: живі вакцини показують вищу ефективність у запобіганні внутрішньоутробному інфікуванню, однак можуть спричиняти ускладнення, якщо вводяться вагітним тваринам без попередньої імунізації. [86]

Серологічний моніторинг із застосуванням ІФА-систем дозволяє об'єктивно оцінити рівень поствакцинального імунітету та своєчасно коригувати схеми щеплень. В умовах ендемічної циркуляції патогенів дедалі більшого значення набувають автогенні вакцини, розроблені на основі локальних ізолятів для конкретного господарства, що сприяє зменшенню захворюваності на 20–30% у контрольованих регіонах. [87]

Попри очевидні переваги, вакцинація стикається з низкою викликів, зокрема обмеженим фінансуванням, труднощами логістики в регіонах, постраждалих від воєнних дій, та високою вартістю вакцин, що зумовлена складністю їх розробки, виробництва й доставки. У відповідь на ці виклики міжнародні організації, зокрема WOAH, впроваджують програми колективної підтримки, такі як глобальні банки вакцин, що забезпечують доступ до якісних препаратів за стабільними цінами. Це дозволяє спрямувати зусилля на критично важливі елементи протиепізоотичних заходів - підвищення кваліфікації персоналу, модернізацію біозахисту та просвітницьку роботу серед фермерів. [88]

Раціональна імунопрофілактика не може існувати ізольовано від загального менеджменту тваринницького господарства. Жодна вакцина не здатна повністю компенсувати недоліки в біобезпеці чи порушення умов утримання. Лише системний, науково обґрунтований і ресурсно забезпечений підхід до щеплень у поєднанні з належними ветеринарно-санітарними заходами здатен гарантувати стабільність та продуктивність тваринницьких комплексів у довгостроковій перспективі.

Ветеринарна логістика у скотарстві — це системний підхід до управління потоками ветеринарних ресурсів (лікарських засобів, вакцин, інструментів, діагностичних засобів), послуг (ветеринарний супровід, профілактика, діагностика) та інформації (дані про здоров’я тварин, епізоотичну ситуацію) для забезпечення епізоотичного благополуччя, здоров’я тварин і відповідності санітарно-епідеміологічним нормам.

Управління ветеринарними ресурсами у скотарстві становить собою стратегічно важливий компонент, що безпосередньо впливає на збереження здоров’я поголів’я, стабільність виробництва та епізоотичну безпеку У сфері розведення великої рогатої худоби ця діяльність охоплює

широкий спектр операцій, включаючи планування закупівель ветеринарних препаратів, логістику їх постачання та забезпечення відповідних умов зберігання. Особливої уваги вимагає питання дотримання температурного режиму при роботі з імунобіологічними засобами, зокрема вакцинами, ефективність яких безпосередньо залежить від умов зберігання та транспортування.

Функціонування холодового ланцюга у ветеринарній логістиці передбачає цілісну систему заходів та технологічних рішень, що гарантують стабільне підтримання температури в межах +2°C до +8°C протягом усього шляху переміщення вакцин — від виробництва до моменту введення тваринам. Порушення температурного режиму навіть на короткий проміжок часу може спричинити зниження або повну втрату імунобіологічної активності препарату, що, своєю чергою, знижує захисний статус тварин та створює передумови для виникнення спалахів інфекційних захворювань.

Ефективне функціонування цієї системи вимагає відповідної технічної інфраструктури — холодильного обладнання з постійним контролем температури, засобів для транспортування з ізоляцією та охолодженням, а також надійної організації процесів поводження з препаратами. У ветеринарній логістиці надзвичайно важливо передбачити можливість швидкого реагування на технічні збої, а також організувати фахову підготовку персоналу щодо дотримання вимог до зберігання та використання вакцин. Впровадження внутрішніх протоколів і систем обліку температурних даних є важливою умовою забезпечення контролю за якістю та безпечністю використання препаратів на всіх етапах ланцюга постачання. До факторів ризику, що впливають на якість вакцин, також належать температура, вологість, освітлення, час перебування за межами рекомендованого діапазону. [89]

Системний підхід до управління ветеринарними ресурсами передбачає також регулярну інвентаризацію

наявних препаратів, що дозволяє запобігти дефіциту необхідних засобів, вчасно виявити препарати з вичерпаним терміном придатності або з порушеним режимом зберігання, а також мінімізувати ризики несанкціонованого або надмірного використання антибіотиків. Це має суттєве значення в контексті боротьби з антибіотикорезистентністю та підтримки санітарного статусу виробництва.

Інтеграція цифрових рішень у систему управління ветеринарним забезпеченням створює нові інструменти для підвищення ефективності управлінських рішень. Використання спеціалізованих платформ дозволяє об'єднувати дані про проведені ветеринарні заходи, результати лабораторної діагностики, графіки вакцинації, історії хвороб окремих тварин і загальний стан поголів'я в єдину інформаційну базу. Завдяки цьому забезпечується цілісне бачення ситуації в реальному часі, можливість прогнозування епізоотичних загроз та своєчасного прийняття превентивних рішень.

Законодавче регулювання в Україні передбачає конкретні вимоги до забезпечення належного функціонування холодового ланцюга, зокрема у межах положень Наказу МОЗ України №1682 від 2 жовтня 2024 року [90], який встановлює порядок організації зберігання, транспортування, приймання та обліку вакцин, анатоксинів та туберкулінового алергену. У цьому документі деталізовано критерії до технічного оснащення, методи контролю температури, вимоги до супровідної документації та обов'язки персоналу, що дозволяє уніфікувати підходи до реалізації ветеринарної логістики на рівні держави.

Логістика вакцинації та профілактики - важливий елемент у системі ветеринарної логістики та управлінні біобезпекою у тваринництві, що ґрунтується на комплексному аналізі епізоотичної ситуації, біологічних характеристик тварин, сезонності та нормативно-правових вимогах . Метою

таких заходів є недопущення спалахів інфекційних хвороб, збереження продуктивності поголів'я та забезпечення стабільності в аграрному секторі.

Планування вакцинаційної кампанії передбачає комплексний підхід, що починається з формування графіків, які повинні враховувати актуальну епізоотичну ситуацію, наявність та типи збудників, що циркулюють серед тварин, а також сезонні особливості перебігу інфекцій. При цьому важливо враховувати видову належність та вік тварин, оскільки ефективність і безпечність окремих вакцин може залежати від фізіологічного стану, зокрема наявності вагітності або вікових обмежень.

Ці графіки мають бути узгоджені з національними ветеринарними нормативами та міжнародними рекомендаціями, такими як стандарти Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (WOAH) і вимоги Codex Alimentarius. Таке узгодження забезпечує епідеміологічну сумісність і створює передумови для доступу продукції на міжнародні ринки. [80]

Особлива увага у плануванні приділяється просторовому розміщенню вакцинаційних заходів. Визначення пріоритетних зон охоплює території з підвищеним ризиком поширення інфекцій — передусім буферні зони навколо виявлених осередків, прикордонні райони та регіони з високою щільністю поголів'я. У таких місцях заходи мають бути посилені за рахунок більш інтенсивного моніторингу, частішого забору зразків й посиленого контролю за дотриманням біобезпеки.

Для ефективної реалізації вакцинаційної стратегії важливо забезпечити узгоджену співпрацю між державними та приватними структурами ветеринарної медицини. Координація дій, обмін інформацією та ресурсами дозволяють уникнути дублювання або пропуску тварин у процесі охоплення. Також значну роль відіграє належна підготовка

персоналу: ветеринарів, технічного персоналу й фермерів, які повинні бути навчені правильному введенню вакцин, дотриманню санітарних протоколів та вимог до зберігання біопрепаратів, включаючи підтримання холодового ланцюга. [91]

Також в умовах підвищених біологічних ризиків, що загострились внаслідок воєнних дій та руйнування ветеринарної інфраструктури, необхідно забезпечити доступ до засобів індивідуального захисту, дезінфекційних засобів і відповідного обладнання.

Транспортна складова ветлогістики – це процес, що виходить за рамки простого переміщення вантажів, інтегруючи планування маршрутів, суворий контроль температурного режиму, дотримання санітарно-гігієнічних вимог та заходів біозахисту для забезпечення епізоотичного благополуччя та ефективності ветеринарних матеріалів.

Транспортування біологічних матеріалів у скотарстві вимагає спеціалізованого транспорту, обладнаного ізоляційними термоконтейнерами, холодильними установками та сертифікованими електронними термореєстраторами, які підтримують температурний режим (зазвичай +2…+8°C для більшості вакцин, таких як проти ящуру, бруцельозу чи парвовірусу). Згідно із принципами фармацевтичного ланцюга постачання, температурний контроль здійснюється щонайменше у двох точках вантажного відсіку, а дані моніторингу фіксуються та передаються разом із транспортними накладними для підтвердження відповідності умов. ВООЗ додатково наголошує на класифікації вакцин за термостабільністю (класи A, B, C), що визначає специфічні вимоги до температурного режиму. Наприклад, вакцини класу C, чутливі до нагрівання та заморожування, потребують особливо суворого контролю, щоб уникнути втрати ефективності. У разі транспортування через регіони з екстремальними

кліматичними умовами (наприклад, літня спека в Україні) використовуються водні охолоджувачі або матеріали з фазовим переходом, уникаючи сухого льоду через його токсичність та обмеження в авіаперевезеннях. [92]

Пакування біологічних матеріалів має бути міцним, ізольованим і здатним захистити вантаж від механічних пошкоджень і температурних коливань. Контейнери проходять операційну та експлуатаційну кваліфікацію (OQ і PQ) відповідно до профілю маршруту, який базується на даних про температурне середовище. Вага пакувальних одиниць не перевищує 50 кг для полегшення ручного обслуговування, що відповідає рекомендаціям ВООЗ. У скотарстві, наприклад, вакцини проти туберкульозу пакуються в сертифіковані термоконтейнери, які забезпечують стабільність температури під час доставки до віддалених тваринницьких ферм. [92] Усі пакувальні матеріали маркуються відповідно до стандартів, із чіткими інструкціями щодо дій у разі порушення умов транспортування.

Після кожного контакту з тваринами чи біологічними матеріалами транспорт і тара піддаються дезінфекції сертифікованими засобами, що відповідає програмам санітарного контролю. У регіонах із підвищеним епізоотичним ризиком, наприклад, зонах із африканською чумою свиней, створюються буферні зони для додаткової санітарної обробки транспорту та персоналу, що узгоджується з рекомендаціями WOAH. ВООЗ також наголошує на важливості чіткої документації, включаючи транспортні накладні, графічні звіти температурного моніторингу та інструкції щодо реагування на порушення,

Ефективна логістика передбачає ретельне планування маршрутів із використанням геоінформаційних систем (ГІС), що дозволяє уникати зон із високим епізоотичним ризиком і оптимізувати час доставки. Для міжнародного транспортування, зокрема авіаперевезень,

профілювання маршрутів базується на кліматичних даних, щоб підібрати відповідне пакувальне рішення. Авіатранспорт, який часто використовується для експорту ветеринарних препаратів чи діагностичних зразків, вимагає додаткових заходів, таких як використання вантажних ковдр для захисту від перепадів температур.

Інформаційна складова ветеринарної логістики в скотарстві та охороні здоров'я тварин являє собою складну багаторівневу систему, яка об'єднує збір, обробку, зберігання, аналіз та інтеграцію великих обсягів даних (big data) між усіма учасниками ветеринарної мережі - від виробників вакцин і практикуючих ветеринарів до лабораторій, державних органів нагляду та міжнародних організацій. Ця система забезпечує простежуваність ветеринарного статусу тварин, моніторинг епізоотичної ситуації та швидке реагування на біологічні загрози, сприяючи безпеці продукції тваринного походження й ефективному управлінню логістичними ланцюгами.

Технологічною основою системи є сучасні інструменти, такі як RFID-мітки, QR-коди, сенсори Інтернету речей (IoT), мобільні пристрої та хмарні сервіси. Вони дозволяють у реальному часі відстежувати фізіологічний стан тварин, маршрути їх переміщення, процеси вакцинації, медичні втручання та епізоотичні події. Наприклад, RFID-мітки забезпечують унікальну ідентифікацію кожної тварини, фіксуючи її ветеринарну історію, контролюючи такі хвороби , як ящур чи бруцельоз. Дані автоматично надходять до централізованих платформ, де за допомогою алгоритмів машинного навчання аналізуються для прогнозування ризиків епізоотій, моделювання їх розвитку та прийняття превентивних чи карантинних рішень.

В Україні ключову роль в інформаційній складовій ветеринарної логістики відіграє Єдиний державний реєстр тварин. Основною метою створення та функціонування його є державний облік та реєстрація сільськогосподарських тварин,

сприяння охороні території України від занесення та розповсюдження збудників хвороб та оптимізації планування ветеринарно-санітарних заходів; забезпечення споживачів тваринницької продукції оперативною та надійною інформацією щодо походження продукції тваринництва, її якості та безпеки; забезпечення державних органів, фізичних та юридичних осіб інформацією про тварин; забезпечення відстеження продукції тваринництва відповідно до міжнародних зобов'язань України (п. 1.3) [93] Ця система дозволяє відстежувати життєвий цикл тварин, швидко локалізувати осередки інфекційних хвороб, координувати карантинні заходи та забезпечувати безпеку продукції в логістичних ланцюгах. На міжнародному рівні аналогічні функції виконує система TRACES Європейського Союзу, яка в реальному часі контролює переміщення тварин, кормів і продукції тваринного походження, перевіряючи ветеринарні сертифікати, статус партій і відповідність епізоотичним стандартам.

Прогностична аналітика - ще одна важлива складова , що використовує великі дані, геопросторову інформацію, кліматичні та генетичні фактори для прогнозування епізоотичних ризиків. Наприклад, платформа Disease Bioportal (https://bioportal.ucdavis.edu) дає можливість візуалізувати та аналізувати різні потоки даних (наприклад, тестову діагностику, геномну інформацію, переміщення тварин, виробничі журнали, стійкість до протимікробних препаратів тощо) й таким чином пов'язувати результати молекулярної діагностики з інформацією на рівні окремої тварини та популяції, що міститься на платформі. Потім інформація може бути перетворена в описові графіки або отримати географічну візуалізацію та філогенетичні дерева в режимі реального часу, що спрощує оцінку ризиків і прискорює комунікацію про ризики між лабораторіями, ветеринарами та виробниками. Наразі програма Disease Bioportal збагачується

машинним навчанням для автоматизації деяких аналізів й полегшення процесу створення інформаційних панелей, поліпшення доступу та досвіду кінцевих користувачів, а також впровадження нових алгоритмів, які полегшають інтерпретацію даних, особливо виділяючи такі події, як підвищена захворюваність, нові вірусні штами, зниження виробничих показників та інше. [94] Схожі функції виконує американська платформа VetNOW Transforming Global Veterinary Healthcare, яка об'єднує дані з ферм, клінік, лабораторій та телеметричних пристроїв для відстеження й ранньої діагностики патологічних станів у тварин.

На глобальному рівні Всесвітня організація охорони здоров'я тварин (WOAH) координує обмін даними через системи WAHIS (World Animal Health Information System) (https://wahis.woah.org), що важливо для моніторингу спалахів зоонозів, забезпечення продовольчої безпеки та дотримання вимог до міжнародної торгівлі. Організація також розробляє нові цифрові інструменти, спрямовані на автоматизований збір, верифікацію та аналіз епізоотичних повідомлень, що дозволяє країнам-учасницям швидше реагувати на загрози. [94]

Системна інтеграція біобезпеки та ветеринарної логістики у скотарстві в умовах біологічних загроз та післявоєнного відновлення України є комплексним підходом, що поєднує організаційні, технічні, управлінські та інформаційно-комунікаційні елементи для створення єдиного функціонального середовища. Це середовище спрямоване на попередження, виявлення, локалізацію та ліквідацію біологічних загроз у тваринництві, забезпечуючи захист здоров'я тварин, персоналу та споживачів, а також сприяючи сталому розвитку аграрного сектору. В умовах післявоєнного відновлення України, де інфраструктура, економіка та ветеринарні служби зазнали значних втрат, така інтеграція набуває стратегічного значення для відновлення

продовольчої безпеки, експортного потенціалу та епізоотичного благополуччя.

Її сутність полягає в переході від фрагментарного реагування на біологічні ризики до превентивної, адаптивної та скоординованої моделі управління, де:

- біобезпека забезпечує захист тварин, персоналу та споживачів від патогенів шляхом впровадження ветеринарно-санітарних, карантинних, дезінфекційних, моніторингових та освітніх заходів;

- ветеринарна логістика гарантує оперативне, безпечне та контрольоване постачання ветеринарних ресурсів (ліків, вакцин, обладнання, діагностичних інструментів), а також управління потоками тварин та даних з урахуванням біологічних ризиків.

Ключовими елементамии інтеграції є організаційні заходи, імплементація технічниїх рішень, функціонування інформаційно-комунікацінйої інфраструктури.

Ефективна інтеграція логістичних, ветеринарних та аналітичних компонентів системи біобезпеки неможлива без чітко структурованих організаційних заходів. Вони передбачають координацію між усіма учасниками ланцюга — від виробника до державного регулятора — з метою забезпечення оперативного реагування, стабільного функціонування та довгострокової стійкості.

Ключовим елементом є налагодження взаємодії між такими структурами, як: виробники ветеринарних препаратів і вакцин; логістичні оператори та транспортні компанії; тваринницькі господарства та аграрні кооперативні структури; державні та приватні ветеринарні служби; лабораторії діагностики та моніторингу; органи місцевого самоврядування та центральні органи виконавчої влади; міжнародні організації, що надають технічну або гуманітарну підтримку.

Для забезпечення ефективної координації планується створення міжвідомчих координаційних центрів, які об'єднуватимуть зусилля державного, приватного та громадського секторів. Такі центри виконуватимуть функції: оперативного управління у разі біологічних загроз; розподілу ресурсів (вакцин, дезінфектантів, обладнання); комунікації між регіональними та центральними структурами; інтеграції інформаційних потоків для прийняття рішень на основі даних.

У післявоєнний період особлива увага приділяється відновленню критичної інфраструктури, зокрема: реконструкції ветеринарних служб у постраждалих регіонах; модернізації лабораторій для забезпечення швидкої діагностики; відновленню складів зберігання біологічних матеріалів та засобів захисту; створенню мобільних підрозділів для роботи в умовах обмеженого доступу.

Не менш важливе значення має підвищення кваліфікації персоналу, який працює в умовах підвищених ризиків. Програми навчання охоплюють: протоколи реагування на спалахи інфекцій; біобезпеку та поводження з небезпечними матеріалами; цифрові інструменти для моніторингу та звітності; психологічну підготовку до роботи в умовах стресу та невизначеності.

Організаційні заходи формують основу для стійкої, адаптивної та взаємопов'язаної системи, здатної ефективно функціонувати як у мирний час, так і в умовах надзвичайних ситуацій.

Використання сучасних технологій - основа ефективної інтеграції логістичних, ветеринарних та аналітичних процесів у системі біобезпеки. Цифрові інструменти дозволяють забезпечити простежуваність , оперативність та прозорість на всіх етапах — від ідентифікації тварин до контролю за умовами транспортування біологічних матеріалів.

Одним із голових рішень є впровадження RFID-міток та QR-кодів, які забезпечують унікальну ідентифікацію тварин,

зразків, вакцин та інших об'єктів ветеринарного контролю. Це дозволяє: фіксувати ветеринарний статус кожної тварини; відстежувати історію вакцинацій, діагностики та переміщень; інтегрувати дані з національними та міжнародними реєстрами; автоматизувати перевірки на пунктах контролю.

IoT-сенсори (інтернет речей) відіграють важливу роль у моніторингу умов зберігання та транспортування чутливих матеріалів. Вони дозволяють у реальному часі контролювати: температуру та вологість у контейнерах; рівень вібрацій і вплив зовнішніх факторів; відкриття/закриття упаковок або дверей під час перевезення.

У післявоєнних умовах, коли електропостачання може бути нестабільним, особливо в прифронтових регіонах, використовуються автономні термоконтейнери з акумуляторами, резервні генератори та сонячні панелі для підтримки холодового ланцюга. Це вкрай важливо для збереження ефективності вакцин, діагностичних зразків та лікарських засобів.

Ще одним важливим компонентом є блокчейн-технології, які забезпечують: незмінність і верифікацію даних у логістичних ланцюгах; прозорість для всіх учасників — від виробника до кінцевого споживача; автоматичну фіксацію транзакцій і подій; відповідність вимогам міжнародних систем контролю, зокрема при експорті продукції до країн ЄС через систему TRACES.

Інтеграція таких технологій дозволяє не лише підвищити ефективність управління, а й зміцнити довіру з боку міжнародних партнерів, донорів та споживачів. У довгостроковій перспективі це створює основу для цифрової трансформації аграрного сектору та підвищення його стійкості до майбутніх викликів ,

Інформаційно-комунікаційна складова інтегрованої системи базується на використанні централізованих цифрових платформ, які обробляють великі обсяги даних (big

data) та забезпечують міжвідомчу взаємодію на національному й міжнародному рівнях.

В Україні ключову роль у цій складовій відіграє Єдиний державний реєстр тварин, який функціонує як цифрова основа для моніторингу епізоотичної ситуації. Цей реєстр дозволяє: у реальному часі відстежувати вакцинацію, діагностичні результати та переміщення тварин; виявляти потенційні осередки інфекцій до їхнього поширення; забезпечувати простежуваність у ланцюгах постачання продукції тваринного походження; інтегрувати дані з іншими державними та приватними системами.

На міжнародному рівні важливу роль відіграють платформи WAHIS від WOAH дозволяють Україні координувати свої дії з іншими країнами, своєчасно реагувати на транскордонні загрози та брати участь у глобальному епіднагляді.

Особливої актуальності набуває використання прогностичної аналітики — інструментів, які дозволяють моделювати сценарії поширення захворювань, оцінювати ризики та приймати превентивні рішення. Такі платформи, як Disease BioPortal або VetNOW, стають незамінними в умовах пошкодженої інфраструктури, де традиційні методи збору інформації є обмеженими або недоступними.

Ключовими елементами інформаційно-комунікаційної інфраструктури є: інтероперабельність між базами даних і системами різних відомств; захищеність даних та контроль доступу; мобільні інтерфейси; аналітичні панелі для прийняття рішень на основі даних; інтеграція з логістичними модулями для управління ресурсами в реальному часі.

Розбудова такої інфраструктури є не лише технічним завданням, а й стратегічним кроком до підвищення стійкості аграрного сектору, особливо в умовах післявоєнного відновлення та адаптації до нових викликів, управлінські аспекти.

Управління інтегрованою системою біобезпеки та ветеринарної логістики вимагає чіткої організації, розподілу відповідальності та ефективної координації між усіма залученими структурами. Ключовим елементом системної інтеграції є визначення ролей уповноважених осіб, які відповідають за планування, моніторинг та оперативне реагування у випадку біологічних загроз або надзвичайних ситуацій.

У післявоєнній Україні формується нова архітектура управління, що включає створення регіональних центрів реагування. Ці центри виконують функції оперативного штабу, забезпечуючи швидке розгортання ресурсів, доставку карантинних засобів (зокрема дезінфектантів, ізоляційних матеріалів, засобів індивідуального захисту) та координацію дій на місцях. Вони працюють у тісній взаємодії з місцевими органами влади, ветеринарними службами, аграрними підприємствами та логістичними операторами.

Уповноважені особи проходять спеціалізоване навчання, яке охоплює: принципи біобезпеки та біозахисту; поводження з чутливими біологічними матеріалами; протоколи реагування на спалахи інфекцій; використання цифрових інструментів для моніторингу, звітності та управління ризиками; комунікацію з громадськістю та міжвідомчу взаємодію.

Особлива увага приділяється впровадженню цифрових платформ для відстеження переміщення матеріалів, фіксації подій у реальному часі та забезпечення прозорості прийняття рішень. Це дозволяє не лише підвищити ефективність реагування, а й забезпечити довіру з боку громадськості та міжнародних партнерів.

2.3 Мобільні молочні ферми як логістичне рішення для швидкого відновлення скотарства на постраждалих від бойових дій територіях

Мобільні молочні ферми є інноваційним рішенням для організації ефективного утримання молочної худоби та виробництва молока в умовах, де традиційна інфраструктура відсутня, пошкоджена або недоступна. Такі системи особливо цінні в регіонах, що постраждали від військових дій, природних катастроф, або у віддалених місцевостях, де скотарство вимагає гнучкості та швидкої адаптації до змін. Завдяки модульній конструкції, мобільні ферми легко транспортуються і розгортаються, забезпечуючи повноцінну функціональність стаціонарних комплексів без прив'язки до фіксованої інфраструктури.

Основою таких ферм є використання взаємопов'язаних енергозберігаючих модулів, які охоплюють усі ключові аспекти молочного виробництва. Ці модулі забезпечують заготівлю, приготування та роздачу кормів, доїння корів, охолодження та первинну обробку молока, а також видалення й переробку гною. Крім того, інтегрована вентиляційна система підтримує оптимальні умови утримання худоби, що сприяє їх здоров'ю та продуктивності. [95] Ці складові працюють у синергії, створюючи автономну систему, здатну ефективно функціонувати навіть у складних умовах. Основні складові частини мобільної молочної ферми, які забезпечують її універсальність і продуктивність, наступні:

Модуль утримання худоби. Система утримання худоби є головною складовою сучасних технологій виробництва різних видів продукції тваринництва. Вона включає комплекс організаційних, економічних, зоотехнічних, гігієнічних, ветеринарно - санітарних та інженерних прийомів із розведення, годівлі, утримання, догляду та експлуатації

тварин, захисту довкілля від забруднення відходами тваринницьких ферм [96].

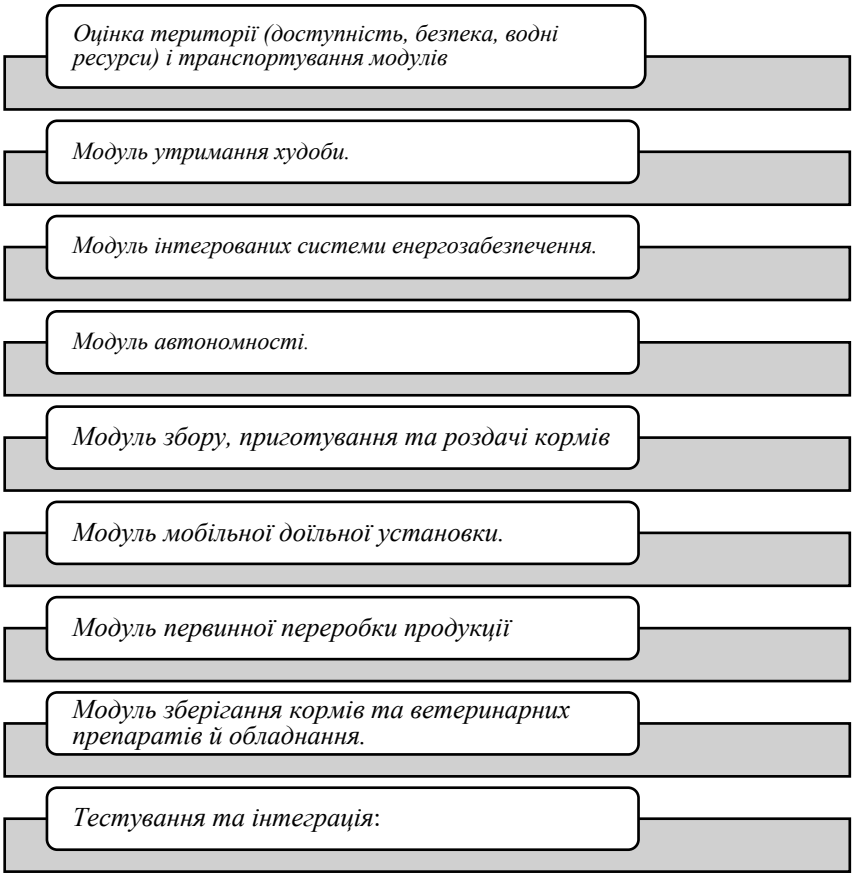

Рис. 2.1 Функціональна блок-схема розгортання мобільної молочної ферми

Мобільні корівники, як інноваційне рішення, забезпечують комфортні умови тваринам завдяки термоізоляційним матеріалам для стабільного мікроклімату, системам вентиляції та клімат-контролю для циркуляції повітря й антибактеріальним підстилкам, що знижують ризик захворювань. Це підвищує продуктивність худоби та зменшує витрати на ветеринарне обслуговування. Такі корівники,

розміщені в контейнерах або легких конструкціях, швидко монтуються, дозволяючи оперативно реагувати на зміну умов чи переміщення у надзвичайних ситуаціях. Модульні загони та розкладні навіси адаптуються до кліматичних змін, легко транспортуються й встановлюються, що робить їх ефективними для мобільних ферм, які потребують зміни локації.

Сучасні корівники інтегрують цифрові технології, зокрема IoT-системи для моніторингу стану худоби, автоматизовані системи годування та хмарні платформи для управління кормами, що оптимізує догляд і підвищує ефективність виробництва. У молочному скотарстві потоково-цехова система групує дійне стадо за фізіологічним станом для диференційованої годівлі й утримання, дозволяючи збільшити кількість тварин в однотипних будівлях на 20–25%, знизити вартість скотомісця на 7–10% і скоротити строки окупності витрат на будівництво чи реконструкцію. Тварини групуються за статтю, віком і живою масою з різницею до 15%. Відгодівельні майданчики, сезонні чи цілорічні, обладнуються годівницями, напувалками, навісами, а за низьких температур – закритими приміщеннями з вигульно-кормовими зонами. [97]

Приміщення модуля утримання худоби складаються з технологічних елементів: місць для відпочинку, годування, збору гною, кормових проїздів, робочих та евакуаційних проходів, стійл, боксів, кліток, денників, годівниць та напувалок, розміри яких відповідають нормам проектування молочних ферм. Додатково передбачаються приміщення для електронагріву води , розміщення інвентаря, доїльний зал, мийна, вакуум-насосна та насосно-компресорна для техніки, лабораторія для аналізу молока, пункт штучного осіменіння.

Мікроклімат модульного приміщеня формується під впливом таких чинників, як температура, вологість, швидкість

руху повітря, концентрація шкідливих газів, рівень запиленості, наявність мікроорганізмів та якість освітлення.

Температурний режим безпосередньо впливає на продуктивність тварин та їхній апетит. Особливо шкідливим є перегрів, адже підвищена температура негативно позначається на стані великої рогатої худоби. Для різних вікових груп необхідний індивідуальний температурний режим.

Вологість повітря модульного приміщення залежить від зовнішніх умов, а також від кількості вологи, що буде виділяться тваринами, надходить також із кормами, водою та під час прибирання. При низькій вологості тварини легше переносять холод. Натомість вологе повітря має високу теплопровідність, що спричиняє втрати тепла і, відповідно, переохолодження та хвороби. Надмірна вологість, особливо у поєднанні з високою температурою, створює сприятливе середовище для розвитку патогенних мікроорганізмів, плісняви та грибків.

Зволоження огороджувальних конструкцій призводить до погіршення їх теплозахисних властивостей, підвищення тепловтрат та зниження температури в середині приміщень. Крім того, висока вологість та скупчення води шкодять довговічності будівель, устаткування й техніки. Небезпечною є і надмірно низька вологість — вона негативно позначається на здоров'ї тварин. Мінімально допустима вологість у стійлових приміщеннях становить 50%.

Якість повітря залежить від ефективної вентиляції у модульних конструкціях. У погано вентильованих приміщеннях накопичуються шкідливі гази, зокрема вуглекислий газ (CO_2), що виділяється при диханні, та знижує рівень кисню. Також повітря може забруднюватись аміаком (NH_3), сірководнем (H_2S) і пилом. Запилення значно зменшується при переході до безпідстилкового утримання.

Освітлення відіграє важливу біологічну роль — воно сприяє росту та розвитку молодняку, підвищує продуктивність, зміцнює імунітет тварин, запобігаючи стресового впливу на тварин . Сонячне світло має дезінфікуючий ефект, гальмує розмноження шкідливих мікроорганізмів. Якісне освітлення також позитивно впливає на умови праці персоналу. Крім інтенсивності світла, велике значення має тривалість світлового дня, яку часто регулюють шляхом використання штучного освітлення. [97]

b. Модуль інтегрованих системи енергозабезпечення. До складу цього модуля входять взаємопов'язані технологічні рішення, що базуються переважно на використанні відновлюваних джерел енергії. Основним джерелом живлення є сонячні фотоелектричні панелі, які генерують електроенергію у денний час, коли споживання є найвищим, зокрема для живлення систем доїння, вентиляції, охолодження молока, освітлення тощо. Енергія, що виробляється, накопичується в акумуляторних батареях, та дозволяє забезпечити безперебійне функціонування молочної ферми у нічний час або під час несприятливих погодних умов. Для стабілізації напруги й керування навантаженням використовуються розумні інвертори та контролери, що аналізують рівень споживання, прогнозують потреби в енергії та автоматично перемикають джерела живлення для забезпечення максимальної ефективності.. У якості резервного джерела можуть застосовуватися дизельні або біогазові генератори, що активуються автоматично в разі дефіциту електроенергії з основних джерел. Важливою складовою є інтелектуальні системи управління енергією, які здійснюють моніторинг, аналіз та оптимізацію всього енергетичного циклу, підвищуючи ефективність роботи , знижуючи втрати.

Застосування таких комплексних рішень має низку стратегічних переваг. Насамперед, йдеться про економічну

доцільність, адже виробництво електроенергії з сонячних панелей дає змогу суттєво скоротити витрати на енергопостачання. Наприклад, комерційний директор молочнотоварного комплексу МТК «Петриківське молоко» Павло Фесюк зазначає, що їхня сонячна електростанція покриває 40–50% споживання комплексу в літній період, а за наявності акумуляторів може забезпечити до 100% потреб. Встановлення сонячної електростанції одразу позитивно вплинуло на собівартість продукції, знизивши її на 5% [98] Крім того, ці інтегровані системи відповідають принципам сталого розвитку, оскільки зменшують викиди вуглекислого газу, екологічний слід та рівень забруднення атмосфери, що особливо важливо в умовах кліматичних змін та зростання вимог до екологічної відповідальності агробізнесу.

Попри переваги, впровадження модуля пов'язане з певними викликами. Висока початкова вартість обладнання є основною перешкодою, особливо для мобільних молочних ферм. Ефективність сонячних електростанцій залежить від кліматичних умов: похмурі дні та короткий світловий день узимку можуть знижувати їх продуктивність. Крім того, системи потребують кваліфікованого технічного обслуговування, що додає складності в експлуатації.

Проте модуль інтегрованих систем енергозабезпечення має значний потенціал для впровадження у мобільних молочних фермах. Поєднання сонячної енергії з біогазовими установками, які переробляють органічні відходи, може створити замкнене коло повного енергетичного самозабезпечення.

Модуль автономності. Автономність мобільних молочних ферм досягається завдяки інтеграції модульних систем водопостачання, утилізації відходів, вентиляції та передових технологій клімат-контролю. Ці складові забезпечують повноцінний цикл виробництва молока, підтримуючи гігієну, здоров'я худоби та екологічну стійкість.

Система водопостачання – це комплекс елементів (інженерних споруд та технічних пристроїв) для забирання, обробки до потрібної якості, розподілу води між споживачами.

Нормальне функціонування тваринницьких ферм можливе за стабільного водопостачання, яке забезпечує сукупна система: джерел води, водозабірних споруд, засобів забору і підіймання води, її очищення, транспортування і подавання до місць споживання. [99] Система водопостачання мобільних молочних ферм розроблена для забезпечення постійного доступу до чистої води навіть у регіонах, де централізоване водопостачання відсутнє. Для цього використовуються автономні джерела, такі як мобільні резервуари, артезіанські свердловини або системи очищення води.

Фільтраційні модулі відіграють головну роль у видаленні механічних домішок, бактерій і інших забруднювачів, гарантуючи безпеку води для худоби та санітарних потреб ферми. Це особливо важливо, оскільки якість води безпосередньо впливає на здоров'я тварин і якість молока. Автоматизовані напувальні системи забезпечують точне дозування води, мінімізуючи її втрати та оптимізуючи споживання. [99] Водночас технології рециркуляції дозволяють очищати використану воду та повторно застосовувати її для технічних цілей, таких як миття обладнання чи зрошення, що значно знижує витрати водних ресурсів у регіонах з їх обмеженим доступом.

Такий підхід до водопостачання не лише підтримує здоров'я худоби, але й сприяє екологічній стійкості ферми. Економія води та її повторне використання зменшують вплив на місцеві водні ресурси, що важливо у посушливих регіонах або зонах із дефіцитом прісної води.

Для забезпечення ефективної роботи системи водопостачання необхідно врахувати кілька важливих аспектів. По-перше, джерела води, такі як свердловини чи

резервуари, мають бути ретельно підібрані з урахуванням місцевих геологічних та кліматичних умов, щоб гарантувати їхню надійність і достатній обсяг. По-друге, регулярне технічне обслуговування фільтраційних модулів і напувальних систем є необхідним для підтримання їхньої ефективності та запобігання забрудненню. По-третє, інтеграція енергоефективних рішень, таких як сонячні насоси для подачі води, може знизити залежність від зовнішніх енергоресурсів та підвищити автономність молочної ферми. Крім того, впровадження цифрових технологій для моніторингу якості та обсягу води дозволяє оперативно виявляти проблеми та оптимізувати її використання. Також варто розглянути можливість використання датчиків для контролю рівня води в резервуарах, що спрощує управління ресурсами в реальному часі.

- Система утилізації відходів мобільних молочних ферм забезпечує високі стандарти гігієни та мінімізує вплив на навколишнє середовище. Основою цієї системи є анаеробне зброджування органічних решток у біогазових установках - метантенках, де переробка відбувається без доступу повітря. У герметичних ємностях гній і послід зброджуються при температурі від 30 до 57 °C. Залежно від обраного режиму - мезофільного (30–37 °C) чи термофільного (50–57 °C) - процес триває від семи до двадцяти днів. Оптимальна вологість сировини становить 90–92 %, а сам процес вимагає періодичного перемішування, контрольованої відкачки біогазу й порційного завантаження нового матеріалу. Такий підхід дає змогу отримати біогаз для енергетичних потреб ферми, а також високоякісне органічне добриво, збагачене фосфором, калієм та амонійним азотом у формі, доступній для рослин. [100]

Завдяки процесу метанового бродіння усуваються патогени, гельмінти та насіння бур'янів, що знижує епідеміологічні ризики та запобігає поширенню небажаної

рослинності на полях. Отриманий біогаз використовується для забезпечення роботи вентиляційних, доїльних або опалювальних систем, що зменшує залежність ферми від зовнішніх джерел енергії. Відходи, перероблені в метантенках, втрачають характерний неприємний запах, а частина органічної маси мінералізується, що значно знижує ризик забруднення повітря і ґрунтових вод. Такі біогазові системи підвищують енергоефективність ферм та відповідають сучасним екологічним стандартам, зокрема вимогам ЄС щодо поводження з аграрними стоками. [100,101].

Паралельно з виробництвом біогазу важливу роль у підтриманні санітарного стану мобільної молочної ферми відіграють сучасні системи очищення стічних вод — септики та фільтраційні поля, які забезпечують механічну та біологічну очистку, мінімізуючи ризики потрапляння забруднень у водойми та на пасовища. Всі модулі каналізаційної інфраструктури є мобільними, що дозволяє швидко інтегрувати їх у нові фермерські майданчики без тривалих будівельних робіт.

Для забезпечення ефективної роботи систем утилізації відходів мобільних молочних ферм необхідно також врахувати кілька ключових аспектів. По-перше, біогазові установки та септики потребують регулярного технічного обслуговування, щоб гарантувати їхню надійність та ефективність. По-друге, системи мають бути адаптовані до місцевих ґрунтових і кліматичних умов, щоб забезпечити оптимальну переробку відходів та уникнути забруднення. По-третє, навчання персоналу з експлуатації та управління цими системами є важливим для їх безперебійної роботи. Крім того, інтеграція цифрових технологій для моніторингу обсягів відходів і продуктивності біогазових установок може оптимізувати процеси переробки та підвищити енергоефективність. Також варто розглянути можливість

використання очищених стічних вод для зрошення або інших технічних потреб, що додатково зменшує витрати ресурсів.

Вентиляційні системи мобільних молочних ферм відіграють вирішальну роль у забезпеченні здоров'я тварин, стабільності мікроклімату та загальної ефективності фермерського виробництва. Стабільна температура й вологість усередині приміщень для утримання худоби є необхідними умовами для підтримання фізіологічного комфорту корів, зменшення ризиків теплового стресу та мінімізації поширення інфекційних захворювань.

Основу вентиляційної системи становлять як природні механізми, що передбачають використання повітряних отворів, стінових та дахових каналів для пасивного переміщення повітря, так і примусові рішення, в яких застосовуються високопродуктивні вентилятори, системи кондиціонування, повітряні фільтри та охолоджуючі установки.

Для постійного моніторингу кліматичних умов використовуються автоматизовані датчики, які в режимі реального часу фіксують показники температури, вологості, концентрації вуглекислого газу, аміаку та інших газів. Ці дані дозволяють системам автоматично регулювати інтенсивність вентиляції або активовувати охолодження , наприклад, за допомогою систем випарного охолодження, які знижують температуру через розпилення дрібнодисперсної водяної пари, що не зволожує надмірно підстилку та не створює додаткового конденсату на поверхнях. Такий підхід дозволяє зберігати комфортний мікроклімат без шкоди для здоров'я тварин й санітарного стану молочної ферми. [102]

Значну увагу в сучасних системах вентиляції приділяють енергоефективності .Встановлення вентиляторів із низьким споживанням електроенергії та застосування відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей, дозволяють суттєво зменшити витрати на енергопостачання,

що особливо важливо для мобільних молочних ферм, які часто працюють в автономному режимі. Крім цього, системи фільтрації повітря знижують концентрацію шкідливих газів, таких як аміак, сірководень і пилові частинки, що сприяє збереженню здоров'я не лише тварин, але й обслуговуючого персоналу.

Отже, для забезпечення ефективності вентиляційних систем необхідно врахувати кілька важливих аспектів. По-перше, системи мають бути адаптовані до кліматичних умов регіону, де розгортається мобільна молочна ферма, враховуючи сезонні коливання температури та вологості. По-друге, регулярне технічне обслуговування фільтрів та вентиляторів є необхідним для підтримання їхньої ефективності та запобігання накопиченню забруднень. По-третє, інтеграція вентиляційних систем із джерелами альтернативної енергії, наприклад, сонячними панелями, дозволяє знизити залежність від зовнішніх енергоресурсів. Крім того, впровадження цифрових платформ для моніторингу та аналізу даних із датчиків може допомогти прогнозувати зміни мікроклімату та оптимізувати роботу системи в реальному часі.

Забезпечення стабільного мікроклімату позитивно впливає на якість молока, оскільки зниження стресу тварин через зміну кліматичних умов утримання безпосередньо корелюється з вмістом білка, жиру й соматичних клітин у продукції.

Модуль збору, приготування та роздачі кормів - це інноваційний компонент сучасних мобільних молочних ферм, який забезпечує не лише автоматизацію процесів, а й принципово новий підхід до управління годівлею худоби. Цей модуль дозволяє точно формувати раціони з урахуванням індивідуальних потреб кожної тварини, фізіологічного стану, продуктивності та навіть генетичних особливостей.

Основу його складають автоматизовані лінії, що поєднують подрібнення, змішування та точне дозування кормових компонентів. Використання прецизійних технологій, таких як вагові сенсори, спектроскопічні аналізатори якості сировини та системи комп'ютерного управління, дозволяє досягати ідеальної однорідності кормосуміші та точності дозування на рівні ±1-2%. Особливу увагу приділяється контролю вологості та температури корму, що запобігає його псуванню та зберігає поживні якості.

Важливим кроком стало впровадження RFID-ідентифікації тварин у поєднанні з інтелектуальними системами роздачі корму. Коли корова підходить до годівниці, спеціальні датчики зчитують її мітку та автоматично налаштовують подачу індивідуально розрахованої порції з оптимальним співвідношенням білків, вуглеводів, вітамінів та мінералів. Паралельно система фіксує фактичне споживання, час годування та поведінкові реакції, що дає змогу виявляти відхилення в апетиті на ранніх стадіях - часто це перший сигнал про проблеми зі здоров'ям.

Завдяки використанню інтернету речей (IoT), інтеграція кормороздавальних комплексів із хмарними платформами аналітики відкриває нові можливості для прогностичного управління. Збираючи дані про споживання кормів у поєднанні з показниками надоїв, активності, жувальних рухів та інших біометричних параметрів, штучний інтелект може прогнозувати оптимальні зміни раціону для підвищення продуктивності або профілактики захворювань. Наприклад, система може автоматично збільшити частку білкових добавок для корів у період роздою або зменшити енергетичну цінність раціону для тварин з низькою рухливістю. . Такий рівень автоматизації дає змогу не лише оптимізувати виробничі витрати, а й істотно покращити добробут тварин, що, своєю чергою, позитивно відбивається на якості продукції та рентабельності господарства. [103]

Ще одним аспектом застосування цього модуля є екологічна складова. Сучасні системи дозволяють мінімізувати втрати кормів за рахунок точної дозировки та автоматичного очищення транспортних магістралей. Деякі передові рішення включають біогазові установки для переробки неспожитих залишків, замикаючи цикл ефективного використання ресурсів.

Перспективним напрямом розвитку стає використання машинного навчання для аналізу великих масивів даних про споживання кормів різними групами тварин. Це дозволяє виявляти оптимальні кореляції між складом раціону, продуктивністю та економічною ефективністю. В результаті фермери отримують інструмент для прийняття обґрунтованих рішень, який дозволяє одночасно підвищувати якість молочної продукції, знижувати собівартість та підтримувати високий рівень добробуту тварин.

Модуль мобільної доїльної установки. Основний принцип роботи цього модуля базується на створенні стабільного вакууму, який забезпечує безперервний та делікатний процес доїння без шкоди для здоров’я тварин. Існує два основних типи насосів, які використовуються в мобільних доїльних установках. Масляний насос забезпечує стабільний вакуум, зменшуючи рівень шуму та знижує стрес у тварин. Крім того, мастило зменшує знос деталей, що продовжує термін служби установки. Однак такий апарат потребує регулярного обслуговування, зокрема заміни масла, і може бути чутливим до низьких температур, оскільки масло загусає, що негативно впливає на ефективність роботи. Водночас сухий доїльний апарат працює без масла, що робить його простішим в обслуговуванні і дозволяє використовувати в холодну пору року без втрати ефективності. Оскільки він не має мастила, ризик забруднення молока знижується, що покращує його якість. Водночас такі апарати більш шумні, що може лякати тварин, і швидше зношуються, особливо при

інтенсивному використанні. Для мобільних молочних ферм сухий апарат часто є кращим вибором, оскільки він не залежить від температури та простіший у догляді. Проте якщо важлива тиха робота та довговічність, варто розглянути масляний апарат.

Автономність роботи установок забезпечується завдяки генераторам або акумуляторним батареям, що дозволяє використовувати їх у польових умовах без доступу до централізованого електропостачання. Гнучкість транспортування досягається завдяки конструкції, яка передбачає можливість перевезення установок у причепах, контейнерах або на мобільних платформах. Це спрощує їхнє розгортання та монтаж у нових локаціях, що особливо важливо для ферм, які працюють на літніх пасовищах або під час сезонних переміщень стада. Деякі моделі також підтримують підключення до централізованих систем охолодження молока, що забезпечує дотримання температурного режиму від моменту доїння до транспортування на переробні підприємства, зберігаючи якість продукту.

Інтеграція мобільних доїльних систем із цифровими технологіями, зокрема платформами на базі IoT, дозволяє фермерам контролювати процес доїння дистанційно, аналізувати продуктивність тварин, відстежувати показники здоров'я стада та вчасно виявляти порушення у якості молока. Завдяки використанню сенсорів і хмарних сервісів, фермер отримує доступ до реального часу даних, що оптимізує управлінські рішення, знижує ймовірність людських помилок і дозволяє швидко реагувати на потенційні проблеми. [104]

Однією з переваг використання мобільних доїльних установок є зниження ризику маститу у корів, що є поширеною проблемою в тваринництві. Порушення режиму роботи доїльних установок або недотримання технологій

доїння може призвести до поганого видоювання, що спричиняє захворювання на мастит і знижує продуктивність корів на 30% [105]. Мобільні установки забезпечують рівномірне та делікатне доїння, мінімізуючи механічні пошкодження сосків, що сприяє здоров'ю тварин, підвищує загальну продуктивність стада та знижує витрати на ветеринарне обслуговування.

Модуль первинної переробки продукції. Інтеграція цього модуля в структуру мобільної молочної ферми дозволяє ефективно вирішувати завдання фільтрації, охолодження, пастеризації та тимчасового зберігання продукції, що особливо актуально для ферм, розташованих у віддалених районах з обмеженим доступом до централізованих переробних потужностей.

Одним із основних елементів таких модулів є молокопровідна система, яка транспортує молоко від доїльного апарата безпосередньо до охолоджувальних ємностей. Використання скляних або харчових нержавіючих сталевих молокопроводів істотно знижує ризик контамінації та полегшує санітарну обробку системи в порівнянні з полімерними матеріалами, які мають більшу пористість і можуть накопичувати мікроорганізми.

Фільтрування молока - це базовий метод його очищення, що дозволяє відокремити тверді частинки від рідкої фази. Процес відбувається під дією сили тяжіння та тиску рідини, коли молоко проходить через пористі перегородки, які затримують забруднення. Найкращі результати забезпечують неткані фільтри-цідилки з плоским або конусоподібним дном, які гарантують максимальне очищення. Після фільтрації молоко направляється на охолодження. [106]

Охолодженням молока називається теплообмін між двома речовинами – свіжовидоєним теплим молоком та холодоносієм. Під час охолодження холодоносій відбирає від

молока тепло, нагріваючись сам та охолоджуючи його. Процес теплообміну припиняється, коли температура молока стає нижчою за температуру холодоносія. Охолодження не вбиває мікрофлору молока. При зниженні темпера тури тимчасово призупиняється ріст, розвиток та розмноження мікрофлори. Охолодження уповільнює скисання та псування свіжоздоєного молока. [106] Сучасні установки оснащуються охолоджувальними модулями з індивідуальним контролем температури, які дозволяють підтримувати молоко в межах +2…+4 °C, що суттєво знижує швидкість розвитку патогенних мікроорганізмів. У деяких системах передбачено модуль пастеризації, який забезпечує короткочасну термообробку молока без втрати харчової цінності — це особливо важливо у разі прямої реалізації продукції на місцевих ринках або в умовах обмеженого терміну доставки.

Використання автоматизованих систем контролю якості на базі IoT-датчиків значно підвищує ефективність управління процесом. Такі сенсори забезпечують постійний моніторинг температури, рівня забруднення, швидкості охолодження та часу зберігання молока. Збір і передача даних на мобільні пристрої або в хмарні сервіси дає змогу оперативно реагувати на відхилення від нормативів, мінімізуючи ризики псування продукції або порушення санітарних вимог. [104]

Модуль зберігання кормів та ветеринарних препаратів й обладнання. Його конструкція виготовлена з високоякісних антикорозійних та вогнетривких матеріалів, таких як склопластик або оцинкований метал, які здатні витримувати значні температурні коливання, вплив вологи та механічні навантаження. Це забезпечує тривалий термін експлуатації модуля навіть у складних кліматичних умовах. Завдяки модульній структурі такі сховища легко транспортуються та швидко встановлюються в нових локаціях, що робить їх

зручними для мобільних молочних ферм із динамічним розташуванням або сезонними переміщеннями.

Для створення стабільного мікроклімату всередині модуля використовуються теплоізоляційні панелі та інтегровані вентиляційні системи. Це дозволяє зберігати корми без втрати їхньої поживної цінності та уникати термічного пошкодження ветеринарних препаратів, особливо тих, що потребують холодильного зберігання, наприклад, вакцин або пробіотиків. Герметичність конструкції мінімізує проникнення вологи, пилу та шкідників, що важливо для забезпечення біобезпеки на молочних фермах. Такий підхід запобігає псуванню кормів та забрудненню ветеринарних засобів, що сприяє здоров'ю тварин та якості продукції.

Сучасні модулі часто оснащуються автоматизованими системами подачі корму, які оптимізують процес годування худоби, зменшуючи витрати на ручну працю. Інтеграція з IoT-системами дозволяє дистанційно контролювати рівень запасів корму та автоматично регулювати його подачу відповідно до потреб тварин. Це не лише підвищує ефективність годування, але й сприяє раціональному використанню ресурсів, знижуючи операційні витрати ферми. Автоматизовані системи подачі також забезпечують інтеграцію зберігання з процесом годування, що підвищує загальну продуктивність господарства. [107]

У контексті зберігання ветеринарних препаратів особлива увага приділяється дотриманню температурного режиму та просторовій ізоляції різних хімічних груп речовин. Це запобігає їхній взаємній реактивній взаємодії, що могло б призвести до втрати ефективності або небезпечних хімічних процесів. Внутрішній простір модуля організовано ергономічно , що забезпечує швидкий і зручний доступ до ресурсів. Ветеринарне обладнання, інструменти та засоби дезінфекції зберігаються в сухому та захищеному середовищі, що

запобігає їхньому механічному зносу та розвитку корозії, подовжуючи термін служби.

Отже, модуль зберігання кормів, ветеринарних препаратів та обладнання дозволяє оптимізувати зберігання ресурсів, підвищувати біобезпеку та знижувати трудовитрати, що сприяє загальній продуктивності та економічній вигоді молочній мобільній фермі.

Послідовність розгортання модульних конструкцій мобільної молочної ферми базується на логістичних, технічних і функціональних вимогах. Оскільки молочна ферма є автономною системою з модульною архітектурою, розгортання має відбуватися в оптимальній послідовності, щоб забезпечити інфраструктурну готовність, доступність ресурсів і комфорт для худоби. Ось рекомендована послідовність розгортання модулів:

Логістична підготовка: перед розгортанням модулів необхідно провести оцінку місцевості (доступність землі, відсутність мін, водні ресурси) та транспортування модулів за допомогою техніки (трактори, причепи).

Модуль утримання худоби : монтаж модульних корівників, установка систем вентиляції та клімат-контролю.

Модуль інтегрованих систем енергозабезпечення : встановлення сонячних панелей, підключення акумуляторів і резервних генераторів, перевірка інверторів і контролерів.

Модуль автономності : розгортання систем забору води, встановлення фільтрів та напувалок , налаштування рециркуляції ; монтаж система утилізації (біогазові установки, септики) , метантенків , налаштування анаеробного зброджування , інтеграція з вентиляційними системами ; фінальне інтеграція вентиляторів , налаштування автоматизованого контролю температури та вологості (хоча вентиляція є частиною модуля утримання, її повне налаштування (датчики, фільтри, охолоджувальні установки)

відбувається після розміщення худоби та після підключення енергії, щоб оптимізувати мікроклімат.)

Модуль збору, приготування та роздачі кормів : встановлення кормороздавальних комплексів, підключення вагових сенсорів і систем дозування, завантаження кормів.

Модуль мобільної доїльної установки : монтаж доїльної установки (масляної або сухої) , підключення до систем вакууму та охолодження, інтеграція з IoT-датчиками.

Модуль первинної переробки продукції : встановлення молокопроводів, охолоджувальних ємностей, систем фільтрації, інтеграція з IoT-системами моніторингу.

Модуль зберігання кормів та ветеринарних препаратів й обладнання : встановлення сховищ із теплоізоляцією та вентиляцією, організація ергономічного доступу до кормів , препаратів та обладнання.

Тестування та інтеграція : деякі модулі (наприклад, енергозабезпечення та автономності) можуть розгортатися одночасно, якщо ресурси дозволяють. Після розгортання всіх модулів проводять тестування систем (енергія, вода, автоматизація) і інтеграцію з цифровими платформами для моніторингу.

РОЗДІЛ 3.
СИМУЛЯЦІЙНІ ТА ЦИФРОВІ ІНСТРУМАНТИ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ ЛОГІСТИКИ СКОТАРСТВА

3.1 Симуляційне навчання як інструмент стратегічного управління розвитком відновлення логістики тваринництва в Україні

Симуляційне навчання у сфері логістики тваринництва розглядається як потужний інструмент для формування професійних компетенцій, що охоплюють різні рівні підготовки - від базового рівня ознайомлення з технологічними процесами до операційного рівня розуміння складних операцій та управлінського рівня відпрацювання навичок для ефективної роботи в кризових або надзвичайних умовах. Його впровадження дозволяє гармонійно поєднувати теоретичні знання з практичними навичками, створюючи безпечне середовище для відтворення реальних сценаріїв виробництва, транспортування, забезпечення біобезпеки, зберігання ветеринарних препаратів та управління інфраструктурними об'єктами. Таке навчання не наражає на ризик тварин, персонал чи довкілля, що особливо важливо в умовах глобалізації, змін клімату, зростання епізоотичних загроз та бойових дій на території України. Симуляційні методи дають змогу створювати контрольовані, повторювані навчальні ситуації, які легко адаптуються до потреб як цивільного, так і військового ветеринарного забезпечення.

На базовому рівні симуляційне навчання виконує роль інтерактивного введення в професійну діяльність, допомагаючи студентам початкових курсів аграрних вишів, новоприйнятим працівникам або слухачам підготовчих програм сформувати первинне розуміння основних аспектів логістики тваринництва та ветеринарної інфраструктури.

Основна мета цього етапу - забезпечити наочне уявлення про структуру галузі, принципи роботи з тваринами, ресурсами, медичними матеріалами та документальними процедурами. Через використання комп'ютерних симуляцій, віртуальних турів, інтерактивних карт або тренажерів із базовим функціоналом студенти отримують можливість ознайомитися з процесами, такими як розміщення тварин у транспортних засобах відповідно до нормативів чи планування логістичних маршрутів, без необхідності прямого контакту з реальними об'єктами. Наприклад, віртуальне середовище може відтворювати доставку ветеринарного вантажу на ферму, де студентам потрібно враховувати вимоги біобезпеки, погодні умови та документальний супровід. Такий підхід допомагає сформувати системне мислення, розуміння просторової логіки, основ епізоотичного ризику та управління часом, створюючи міцний фундамент для подальшого навчання.

Цей етап відіграє роль моста між абстрактними теоретичними знаннями та їх практичним застосуванням. Імерсивні методи, як підтверджують педагогічні дослідження, сприяють кращому засвоєнню матеріалу, формують позитивне ставлення до професії та допомагають студентам відчути зв'язок між теорією і реальними задачами.[108]

Прикладами інструментів для базового рівня навчання є наступні симулятори:

1. The Haptic Cow (базове ознайомлення з анатомією великої рогатої худоби) - це інноваційний навчальний симулятор, розроблений в Університеті Брістоля (Велика Британія) з метою вдосконалення ветеринарної освіти в галузі великої рогатої худоби. Його головне призначення — навчання базовим мануальним навичкам ректального дослідження у великої рогатої худоби (ВРХ) без необхідності контакту з живими тваринами, що відповідає принципам етичного навчання та зменшує стрес як для студентів, так і для тварин.

Конструкція симулятора поєднує фізичний манекен корови з віртуальним середовищем, доповненим тактильним зворотним зв'язком (haptic feedback). Студент занурює руку в манекен, де система відтворює анатомічні структури — матку, яйники, плід - через віртуальну реальність. Haptic-технології дозволяють відчути характерні контури та щільність тканин, а викладач може спостерігати за діями студента на екрані та надавати рекомендації в реальному часі.

Наукові дослідження та освітні проекти засвідчують, що використання The Haptic Cow значно підвищує рівень просторової уяви, тактильної чутливості та впевненості у студентів. За даними University of Bristol, понад 80% учасників тренінгів відзначили, що симулятор допоміг їм краще зорієнтуватися в анатомії ВРХ та підготував до роботи з реальними тваринами.[109]

2. Lantra Animal Transport E-Learning — це онлайн-курс, який підготовлює фахівців до транспортування живих хребетних тварин по дорогах відповідно до вимог Регламенту ЄС № 1/2005. Програма орієнтована на осіб, що здійснюють перевезення сільськогосподарських тварин з комерційною метою на відстань понад 65 км, і охоплює короткі подорожі тривалістю до 8 годин. Курс призначений для водіїв, супроводжуючих осіб, а також співробітників логістичних центрів збору тварин, які відповідають за гуманне та безпечне транспортування ВРХ, овець, кіз, свиней та, коней.

Навчання структуроване навколо одного базового модуля та кількох спеціалізованих блоків для окремих видів тварин. Матеріали охоплюють вибір виду транспорту, планування маршруту, вимоги до простору, вентиляції, води, корму, відпочинку, оформлення документів та добробут тварин. Особливу увагу приділено принципам "П'яти свобод", що визначають етичні аспекти поводження з тваринами: свобода від страху, болю, голоду, дискомфорту та

забезпечення природної поведінки. Також курс знайомить із процедурами ізоляції та оцінкою придатності тварин до транспортування. [110]

3. FarmVR - це інноваційна цифрова платформа, розроблена австралійською студією Think Digital Studios, що надає інтерактивні освітні рішення для аграрного сектору на основі технологій віртуальної (VR) і доповненої реальності (AR), 360° відео та гейміфікації. Вона створена як засіб занурення студентів, викладачів та фермерів у симульоване сільськогосподарське середовище, дозволяючи навчатися основам біобезпеки, логістики, догляду за тваринами та агроінфраструктури без фізичного доступу до реальної ферми.

Користувачі можуть у режимі реального часу віртуально досліджувати фермерські об'єкти, моделювати логістичні процеси, взаємодіяти з елементами виробництва - наприклад, переглядати віртуальні доїльні блоки, кормосховища чи карантинні зони. Завдяки інтеграції гейміфікаційних механізмів платформа пропонує завдання на класифікацію, порівняння умов утримання тварин, аналіз санітарних вимог.

Серед головних переваг FarmVR — гнучкість доступу до контенту з будь-якої локації, реалістичність відтворення агропроцесів, економія ресурсів навчальних установ (замість дорогих тренажерів чи поїздок) та масштабованість навчання. [111]

4. Uptale EnvA VR Farm Visit — це інноваційна освітня симуляційна платформа, розроблена École nationale vétérinaire d'Alfort (EnvA) у партнерстві з Uptale, з метою підготовки студентів ветеринарних спеціальностей до роботи на свинофермах.

Симулятор реалізований у форматі імерсивного віртуального туру на основі 360° відео, доступного через VR-гарнітури або ПК, що дозволяє інтегрувати його як в

аудиторне, так і дистанційне навчання. Платформа занурює студентів у реальне виробниче середовище ферми, де вони можуть спостерігати за тваринами, досліджувати процеси гестації , народження, годівлі, ветеринарного догляду, а також ознайомлюватись з біобезпековими протоколами. Учасники симуляційного навчання аналізують ситуацію на фермі, формують управлінський звіт, що сприяє розвитку командної роботи.

Особливістю симулятора є технологічна база Uptale, яка дозволяє викладачам без знань програмування самостійно створювати, адаптувати та оновлювати навчальні модулі, забезпечуючи гнучкість та сталість освітнього контенту.[112]

5. VirtualFarmTrips — це освітня платформа, що створена у партнерстві з аграрними асоціаціями США, виробниками та освітніми установами, з метою надати віртуальний доступ до реальних ферм - без порушення санітарних норм або потреби в фізичних поїздках. Основу платформи становлять LIVE-трансляції та записані віртуальні екскурсії , тривалістю 30–60 хвилин , які проводяться через Zoom або YouTube Live. Під час таких турів фермери коментують у реальному часі ключові виробничі процеси: догляд за тваринами, біобезпеку, логістичні потоки, агротехнічні прийоми, ветеринарний контроль і елементи сталого землеробства.

Серед прикладів - тур фермою Ideal Dairy, що включає три зупинки: корівник, телятник і доїльний зал, з інтерактивними запитаннями після кожного етапу. Інші тури охоплюють свиноферми, соєві плантації та молочні господарства. Платформа також надає педагогічні ресурси - плани уроків, словники термінів, вікторини, інтерактивні PDF-завдання. Переваги VirtualFarmTrips - у реалістичності подачі матеріалу, доступності для будь-якої аудиторії та

інтерактивному залученні учнів у життя сучасного сільського господарства.[113]

Інтеграція симуляційних модулів у традиційні навчальні курси або їх використання як окремих блоків у дистанційному навчанні дозволяє гнучко адаптувати підготовку до потреб початківців, шо починають свій трудовий шлях у логістиці тваринництва та ветеринарної інфраструктури . Прості інтерфейси, елементи гейміфікації та адаптивний зворотний зв'язок роблять ці інструменти доступними для тих, хто проходить симуляційну підготовку, сприяючи не лише засвоєнню знань, а й формуванню мотивації до навчання. Такий підхід забезпечує міцну основу для переходу до складніших рівнів цієї підготовки, де можливо опановувати операційні та управлінські компетенції в умовах, що максимально наближені до реальних викликів галузі.

Операційний рівень симуляційного навчання у сфері логістики тваринництва та ветеринарної інфраструктури передбачає більш глибоке занурення у процеси управління, координації та реалізації конкретних завдань у реальному або змодельованому середовищі з високим рівнем деталізації та наближенням до виробничих стандартів. Цей рівень орієнтований на підготовку фахівців, які вже мають базову обізнаність із логістичними принципами й ветеринарною практикою, перед якими стоїть завдання ефективного виконання комплексних дій у змінних умовах, включно з реагуванням на порушення у ланцюгах постачання, спалахи хвороб чи зміни нормативного середовища.

На цьому рівні симуляція дозволяє змоделювати повномасштабні логістичні операції, такі як планування та реалізація перевезень тварин з урахуванням зоогігієнічних вимог, температурного режиму, стану здоров'я, епізоотичних обмежень та нормативної документації; управління поставками ветеринарних засобів до польових ветеринарних клінік у зоні надзвичайної ситуації; організація карантинного

периметра в умовах біологічної загрози. Імітаційні сценарії, які використовуються на цьому етапі, є багатошаровими, динамічними та адаптивними, із можливістю створення непередбачених обставин для відпрацювання навичок прийняття рішень у режимі реального часу.

Особливістю операційного рівня є поєднання технологічного моделювання (цифрові симулятори, програмне забезпечення для візуалізації логістичних потоків, GIS-системи) з практичними тренажерами, включаючи макети складів, транспортних одиниць, контрольно-пропускних пунктів та мобільних ветеринарних станцій. Наприклад, за допомогою адаптивного симулятора евакуаційних сценаріїв типу “decision-based scenario simulator” фахівець, враховуючи поведінкові, соціальні та фізичні фактори при плануванні евакуації, може відпрацьовувати маршрут евакуації тварин із зони бойових дій, коригуючи план, залежно від зміни епізоотичної ситуації, кліматичних умов чи ушкодження інфраструктури.[114]

Згідно з дослідженнями китайских вчених Du WQ, Zhong X, Jiang RQ та ін. [115], застосування симуляцій у реалістичному контексті дозволяє сформувати навички високої точності, впевненості та готовності до виконання хірургічних або логістичних дій навіть у критичних ситуаціях, що підтверджується успішним досвідом військових медичних програм.

На відміну від базового рівня, де домінує ознайомлення, операційний рівень симуляційного навчання включає сувору стандартизацію процедур, контроль виконання за чіткими критеріями, елементи командної взаємодії та відповідальності, а також систему зворотного зв’язку й аналітики помилок. При цьому особлива увага приділяється дотриманню протоколів біобезпеки, логістиці холодового ланцюга, застосуванню систем простежуваності, процедур дезінфекції, юридичному оформленню

ветеринарних документів, а також оцінці впливу рішень на економіку та етику виробництва. У фокусі - реалістичне, відтворюване середовище, яке наближене до польових або виробничих умов.

У цьому контексті доцільно представити перелік симуляторів операційного рівня, які спрямовані на професійне відпрацювання дій у сфері тваринницької логістики та ветеринарної інфраструктури.

1. Farming Simulator 25, розроблений компанією GIANTS Software, є флагманським аграрним симулятором, що поєднує реалістичне управління фермою з глибокими логістичними та виробничими процесами, особливо у сфері тваринництва. Ця платформа дозволяє моделювати повний цикл аграрного виробництва, від догляду за тваринами до управління ланцюгами поставок та інфраструктурою господарства.

Користувачі можуть вирощувати худобу — корів, свиней, коней, овець — із повним супроводом: годівля, розведення, переміщення та реалізація продукції (молоко, вовна, яйця). Логістика в межах симулятора охоплює планування маршрутів доставки, управління автопарком (трактори, вантажівки, причепи), витрати пального, температурні режими, часові ресурси та вбудовану інтеграцію з виробничими точками - молокозаводами, млинами, ткацькими підприємствами. [116]

Останні оновлення FS25 включають фермерські кіоски, де продукцію можна продавати напряму, а також побудову власних ланцюгів постачання з багатоступеневою переробкою — від ферми до кінцевого споживача. Завдяки підтримці модифікацій Farming Simulator Mods користувачам надається отужний інструмент для моделювання логістичних і агроінфраструктурних процесів. Такі моди, як AgroLogistics, автоматизують управління палетами, кормами, добривами та складськими хабами, а Animal Transport FS25 дозволяє

моделювати перевезення тварин з урахуванням вентиляції, маршрутів й епізоотичних вимог.

Усе це забезпечує фахівцям операційного рівня тренування не лише механічних дій, а й проведення оптимізації ресурсів, планування виробничих циклів та дотримання санітарно-біобезпекових норм.

2. Goodloading - сучасна веб-платформа для тривимірного моделювання завантаження вантажів, яка відіграє важиву роль у симуляційному навчанні в аграрній та ветеринарній логістиці. Розроблена компанією Goodloading, вона забезпечує точне планування та візуалізацію розміщення кормів, кліток з тваринами, ветеринарних препаратів та інших чутливих вантажів у транспортних засобах. Система враховує габарити, вагу, центр тяжіння та допустиме навантаження на осі, що дозволяє оптимізувати розподіл вантажу. Завдяки 3D-візуалізації користувачі можуть спостерігати кожен етап завантаження в реальному часі, що сприяє кращому розумінню логістичних процесів. Платформа також враховує температурні режими, що дозволяє моделювати перевезення біочутливих препаратів та вакцин, а також забезпечує рівномірний розподіл кліток для мінімізації стресу тварин, дотримання санітарних норм та належної вентиляції чи ізоляції.

Goodloading підтримує планування багатостопових маршрутів (Milk Run), що оптимізує логістику в сільській місцевості або при експорті продукції з кількома точками завантаження та розвантаження. Кольорове маркування вантажів спрощує комунікацію між логістами, водіями та складським персоналом. Інтеграція з TMS, WMS, ERP та маршрутними планувальниками дозволяє створювати комплексні навчальні сценарії, що охоплюють управління транспортними та складськими процесами. Платформа автоматизує навчальні сценарії в корпоративному середовищі, генерує PDF-звіти з візуалізацією та відповідає

міжнародним стандартам, зокрема вимогам TRACES та контролюючих органів ЄС, що робить її ідеальним інструментом для симуляцій у логістиці тваринництва.[117]

3. VAS DairyComp 305, розроблена Valley Agricultural Software (VAS), є однією з найпотужніших систем управління молочним стадом, що застосовується на фермах різного масштабу по всьому світу. Програма забезпечує комплексний контроль над усіма аспектами роботи ферми, включаючи відтворення, доїння, ветеринарне обслуговування, групування тварин, вакцинацію та вирощування молодняка. Вона дозволяє відстежувати цикли охоти, осіменіння, проводити УЗД, керувати гормональними програмами, аналізувати графіки доїння, виявляти помилки персоналу чи несправності обладнання, а також вести облік хвороб, ефективності лікування та вакцинаційних графіків. Система сприяє оптимізації управління сухостоєм, стратегій годівлі, моніторингу росту молодняка та причин його вибуття.

Основна цінність DairyComp 305 полягає в поєднанні збирання виробничої інформації з даними про активність стада. Це досягається шляхом інтеграції з DHIA (організаціями, які проводять тестування молока й аналіз здоров'я тварин) або через внутрішню аналітику самої програми. Програма дозволяє швидко вводити, обробляти та аналізувати дані без необхідності дублювати записи. За рахунок цього зменшується до 50% часу, який зазвичай витрачається на ведення обліку вручну.

Важливою функцією є гнучка система формування звітів — користувач самостійно задає критерії для звітів, фільтрує й сортує дані за потребами. Програма має вбудовані засоби для візуалізації інформації — графіки, діаграми та динамічне порівняння показників у часі або між групами тварин. Вона підтримує ведення та аналіз таких ключових індикаторів, як ризик вагітності, управління транзитними

коровами, інтервали між отеленнями, а також виявлення повторюваних хвороб.

Серед технічних переваг програми – висока сумісність з іншими системами. DairyComp може підключатися до доїльного обладнання, молочних лічильників, приватних або державних лабораторій, а також до інших програмних рішень. Дані легко передаються на інші комп'ютери, що дає змогу інтегрувати DairyComp у вже існуючі IT-інфраструктури ферми. Гнучкість системи полягає й у тому, що програмне забезпечення адаптується до індивідуальних операторських практик: працівник сам формує звітність, керує шаблонами, обирає лише ті показники, що цікавлять керівництво, та змінює логіку роботи без участі розробників. [118]

У навчальному середовищі DairyComp 305 використовується для відпрацювання операційних компетенцій, таких як планування вакцинацій, лікування, логістики ресурсів, інвентаризації та прийняття рішень на основі даних. Учасники симуляцій можуть моделювати сценарії управління стадом, аналізувати наслідки втручань, створювати протоколи та працювати з реальними кейсами аграрного сектору, що сприяє розвитку практичних навичок та підвищенню ефективності управління фермою.

4. Cattle and Crops , розроблений німецькою студією Masterbrain Bytes, є симулятором фермерства нового покоління, який слугує інтерактивним середовищем для симуляційного навчання на операційному рівні. Платформа моделює повний цикл аграрного виробництва, охоплюючи вирощування культур, догляд за тваринами, логістику, управління технікою та планування ресурсів.

Основна увага зосереджена на точному моделюванні процесів рослинництва та тваринництва. Зростання рослин реалізовано на основі підживлення мінеральними та органічними добривами (азот, фосфор, калій), із урахуванням типів ґрунту, поживного балансу та погодних умов. Симулятор

дозволяє виконувати завдання на луках - косіння, перевертання, валкування, тюкування - із реалістичним висиханням трави, що залежить від кліматичних даних.

У моделі тваринництва враховуються фізіологічні параметри, стельність, ветеринарні процедури, годівля, лікування та транспортування тварин між господарствами чи на ринки. Реалізована складна логістична система: керування автопарком, контроль витрат на пальне, погодні обмеження, маршрути доставки та інтеграція в логістичні ланцюги. Техніка моделюється з високою фізичною точністю, включаючи фронтальні навантажувачі, реалістичну поведінку тюків (збирання, укладання), зношення машин і динамічну взаємодію з ґрунтом.

Окремо слід відзначити погодну модель, побудовану на базі реальних метеоданих, яка впливає на ріст культур, стан поля, потребу в захисті чи поливі. Динамічні поля реагують на сліди техніки - колії та ущільнення ґрунту зберігаються навіть після збереження й змінюють агротехнічні умови. Підтримка кермових коліс та контролерів робить керування максимально реалістичним та придатним для навчального процесу. [119]

Програма підтримує модифікації, дозволяючи інтегрувати локальні сценарії, породи, машини, регіональні типи ґрунтів. Освітні режими включають покрокові інструкції, sandbox, сценарні завдання та кар'єрні блоки, які формують рівні компетенції у виробничому плануванні, логістиці, агрономії та ветеринарній практиці.

5. Open VetSim, створений Tetlow and Roy Park Veterinary Innovation Lab при Корнельському університеті, є безкоштовною open-source платформою для моделювання ветеринарних сценаріїв із акцентом на логістику, документообіг, клінічну практику та інвентаризацію ресурсів. У контексті операційного рівня симуляційного навчання платформа дозволяє викладачам та студентам створювати й аналізувати сценарії повного циклу ветеринарного втручання

- від планування маршрутів доставки вакцин до моніторингу стану тварин у польових умовах.

Система підтримує розробку індивідуальних навчальних кейсів, що включають управління логістикою, багатостоповими маршрутами, електронними реєстрами, запасами та медичними процесами. Інструкторський інтерфейс забезпечує контроль над сценарієм, візуалізацію даних моніторингу, оцінку дій студентів і збереження історії втручань. У фізичному середовищі платформа інтегрується з тренажерами, такими як манекени з датчиками, симулятори дихання, компресій, електронний стетоскоп PseudoScope та модулі для CPR, ін'єкцій, аускультації й вентиляції. Обладнання синхронізується через контролери, маршрутизатори та менеджери симуляції, що дозволяє відтворювати сценарії екстреної допомоги, ізоляції чи польового ветеринарного втручання з високою точністю. [120]

Управлінський рівень симуляційного навчання у сфері логістики тваринництва та ветеринарної інфраструктури спрямований на формування стратегічного мислення, антикризових управлінських навичок та здатності до комплексного прийняття рішень у динамічному середовищі з високим рівнем невизначеності. Його головна мета полягає не у відпрацюванні окремих процедур, як це характерно для базового або операційного рівнів, а у створенні умов, максимально наближених до реальних сценаріїв, де керівник має забезпечити безперервність функціонування системи ветеринарного забезпечення навіть у разі порушення логістичних ланцюгів, виникнення епізоотичної загрози чи надзвичайної події. Такий формат навчання охоплює інтерактивні симуляції, у яких учасники виконують ролі координаторів регіональних логістичних центрів, керівників мобільних підрозділів, аналітиків ветеринарних служб та представників центральних органів влади.

У процесі навчання розігруються багатокомпонентні сценарії, що передбачають складну взаємодію між рівнями управління та потребують ухвалення рішень на основі неповних, часто суперечливих даних. В умовах симуляції управлінці мають адаптувати стратегії до обмежених ресурсів, змінної епізоотичної ситуації, логістичних ускладнень та інформаційних загроз, з одночасним збереженням ефективності комунікації, узгодженості дій й довіри з боку підлеглих, партнерів та населення.

Управлінський рівень симуляційного навчання створює простір, де учасники можуть відпрацювати навички кризового менеджменту, реалізувати принципи адаптивного управління, апробувати протоколи реагування, верифікувати стратегічні плани, а також оволодіти сучасними цифровими інструментами, які забезпечують аналітичну підтримку рішень. Особливістю цього рівня є глибока інтеграція технологічних, інформаційних та гуманітарних компонентів управління, що дозволяє сформувати у керівників не лише технічну обізнаність, а й операційну мудрість – здатність обирати найефективніші дії в умовах багатофакторних загроз та стрімких змін.

З огляду на необхідність підготовки управлінського персоналу до дій у надзвичайних ситуація , особливу увагу варто приділити використанню спеціалізованих симуляторів, здатних охопити повний спектр кризових сценаріїв. У цьому контексті доцільним є представлення переліку найбільш ефективних типів симуляторів, які використовуються для імітації управлінських процесів, прийняття стратегічних рішень, аналізу ризиків, координації дій між структурами різного рівня у сфері логістики тваринництва та ветеринарної інфраструктури, а також для інтеграції цифрових інструментів моніторингу, аналізу та реагування.

1. AgriSim дозволяє моделювати багатофакторні сценарії, що охоплюють економічні, агрономічні, логістичні та

біобезпекові аспекти. Наприклад, платформа здатна відтворювати кризові ситуації, такі як перебої в постачанні кормів через епідеміологічні обмеження або кліматичні зміни, даючи змогу керівникам відпрацьовувати рішення в умовах невизначеності. Інтерфейс AgriSim інтегрує різнорідні дані - від фінансових показників до агрономічних параметрів, таких як рівень pH ґрунту, вміст поживних речовин (K, N, P) чи рівень ґрунтових вод. Це дозволяє управлінцям розвивати системне мислення, прогнозувати наслідки своїх рішень та формувати стратегії, що балансують між економічною ефективністю та біобезпекою.

Особливістю AgriSim є використання моделей машинного навчання для надання персоналізованих рекомендацій, наприклад, щодо оптимізації вирощування культур для змішаних ферм, де рослинництво та тваринництво тісно пов'язані. Такі рекомендації враховують кліматичні дані, географічні особливості та логістичні обмеження, що робить платформу незамінною для тренування міждисциплінарної координації. [121]

Управлінці також можуть відпрацьовувати взаємодію з ветеринарними службами, логістичними операторами та аналітиками, формуючи єдину стратегію реагування. Для підвищення ефективності AgriSim доцільно додати модулі для симуляції кіберзагроз , таких як атаки на цифрові системи управління тваринницькими фермами, та інтеграцію з платформами реального часу для моніторингу епізоотичних ризиків.

2. AnyLogic ірізняється своєю здатністю створювати цифрові двійники, які відтворюють реальні управлінські процеси та взаємодії в логістиці тваринництва й ветеринарній інфраструктурі. Завдяки поєднанню агентного моделювання, системної динаміки та дискретно-подійного підходу платформа дозволяє моделювати складні сценарії, такі як поширення епізоотій, з урахуванням географічних, біологічних

і логістичних факторів. Наприклад, управлінці можуть оцінити ефективність заходів реагування, таких як вакцинація, карантин або евакуація тварин, а також протестувати альтернативні стратегії за допомогою “what-if” сценаріїв.

Інтерактивність AnyLogic забезпечує тренінги в реальному часі, де учасники відпрацьовують навички прийняття рішень, аналізу ризиків та координації між фермами, лабораторіями та карантинними зонами. Хмарна інфраструктура AnyLogic Cloud підтримує командне навчання, а інтеграція з геоінформаційними системами (GIS) та IoT забезпечує високу реалістичність просторових і часових параметрів. Наприклад, платформа може моделювати логістичні мережі, де кожен агент (ферма, транспорт, ветеринарна служба) має власну поведінку та ресурси, що дозволяє точно відтворювати кризові ситуації. [122] Для вдосконалення AnyLogic варто додати модулі для симуляції психологічного тиску на управлінців у кризових умовах, що допоможе тренувати стресостійкість. Також доцільно розширити інтеграцію з системами штучного інтелекту для автоматичного генерування сценаріїв на основі реальних даних, отриманих із сенсорів чи супутникових систем.

3. SAP Supply Chain Management (SCM) потужна платформа , яка трансформує управління ланцюгами постачання в аграрному секторі, зокрема в тваринництві та ветеринарній логістиці, виходячи за рамки традиційного операційного планування. Завдяки інтеграції передових технологій, таких як цифрові двійники, Інтернет речей (IoT) і аналітика, SAP SCM стає унікальним інструментом для симуляційного навчання на управлінському рівні, дозволяючи керівникам відпрацьовувати стратегічні рішення в умовах складних викликів.

Цифрові двійники — це віртуальні копії фізичних об’єктів, систем або процесів, таких як тваринницькі ферми, склади чи транспортні вузли. Вони створюються на основі

реальних даних, які можуть бути маскованими чи синтетичними для забезпечення конфіденційності, і дозволяють моделювати різноманітні сценарії. [123]. Наприклад, SAP SCM може відтворити віртуальну модель ферми, де керівники тестують реагування на кризові ситуації, такі як затримки в постачанні ветеринарних препаратів, епізоотії чи перебої в енергопостачанні. Ця технологія поєднує симуляцію, реальний моніторинг та аналітику для оптимізації складних процесів. Завдяки цьому цифрові двійники стали значущим інструментом у процесах проектування, прогнозування та інтеграції для безперебійного функціонування складних систем, зокрема у сферах із високою швидкістю операцій, таких як логістика. [124]

Платформа дозволяє тестувати різні стратегії, такі як перерозподіл запасів, зміна постачальників чи оптимізація маршрутів доставки, і оцінювати їхні наслідки в реальному часі. Це сприяє розвитку системного мислення, адаптивності та вміння приймати рішення в умовах невизначеності. Крім того, SAP SCM підтримує аналіз ESG-метрик (екологічних, соціальних і управлінських), що допомагає оцінювати вплив рішень на сталий розвиток, наприклад, скорочення вуглецевого сліду чи забезпечення добробуту тварин.

SAP SCM вирізняється своєю здатністю створювати комплексні симуляції, які охоплюють усі аспекти ланцюга постачання - від прогнозування попиту до управління запасами та логістики. Це дозволяє керівникам не лише вирішувати поточні проблеми, а й передбачати майбутні ризики, такі як дефіцит ресурсів чи регуляторні зміни.

4. Oracle Supply Chain Management (SCM) — це хмарна платформа, яка трансформує управління ланцюгами постачання в аграрному секторі, зокрема в тваринництві та ветеринарній інфраструктурі. Поєднуючи штучний інтелект (ШІ), машинне навчання, обробку природної мови (NLP), Інтернет речей (IoT) і ESG-аналітику, Oracle SCM створює

гнучке середовище для моделювання складних логістичних сценаріїв та підготовки управлінців до роботи в умовах нестабільності.

Oracle SCM використовує цифрові двійники для створення віртуальних моделей ферм, складів і транспортних мереж, які дозволяють імітувати реальні виклики, такі як епізоотії, перебої в постачанні чи енергетичні кризи. Ці моделі базуються на даних із IoT (наприклад, датчики вологості на складах чи трекери вантажівок), внутрішніх ERP-систем і зовнішніх джерел, таких як ринкові тренди чи кліматичні прогнози. ШІ та машинне навчання аналізують ці дані, виявляючи закономірності, наприклад, причини затримок у постачанні чи прогалини в навичках персоналу. Це дозволяє прогнозувати попит, оптимізувати маршрути доставки та мінімізувати ризики перебоїв. Наприклад, Oracle SCM може змоделювати сценарій, де спалах захворювання на фермі вимагає негайної доставки вакцин, та запропонувати оптимальні рішення з урахуванням логістичних й фінансових обмежень.

Oracle SCM вирізняється інтеграцією голосових інтерфейсів і технологій обробки природної мови (NLP), що спрощує доступ до інформації. Керівники можуть швидко отримувати відповіді на запитання, наприклад, про стан запасів чи прогноз попиту, використовуючи голосові команди. GenAI створює автоматичні звіти, які допомагають управлінцям покращувати навички роботи з даними та сторітеллінгу, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень. Розширена аналітика Oracle SCM додає зовнішні дані, такі як бенчмаркінг чи порівняння компенсацій, що дозволяє знаходити нові джерела кадрів або оптимізувати витрати. Прогнозна аналітика зіставляє майбутні замовлення з рівнем персоналу, виявляючи потенційні дефіцити в навичках чи ресурсах, що допомагає запобігати перебоям у ланцюгах постачання. [125]

У симуляційному навчанні Oracle SCM виступає як віртуальний тренажер, де керівники тестують стратегії реагування на кризи в безпечному середовищі. Oracle SCM підтримує управління запасами, виробництвом та логістикою з акцентом на принципи сталого розвитку, що сприяє впровадженню ESG-стандартів. Керівники вчаться балансувати між економічною ефективністю, екологічною відповідальністю та соціальною цінністю.

5. EcoSim EDU - це гнучка освітня симуляційна платформа, яка має значний потенціал для адаптації до логістики тваринництва та ветеринарної інфраструктури, хоча спеціалізованого модуля для аграрного сектору поки немає. Її архітектура дозволяє моделювати бізнес-процеси, які легко адаптуються до потреб скотарських господарств, управління запасами кормів та медикаментів, логістики та реагування на епізоотії.

У віртуальному середовищі платформи учасники можуть керувати фермою чи ветеринарною клінікою, приймаючи рішення щодо закупівель, транспортування, зберігання, фінансування та екологічної відповідальності. Наприклад, симуляції можуть відтворювати кризи постачання вакцин, спалахи хвороб тварин або перехід на екологічно чисті технології. Завдяки ESG-моделюванню платформа оцінює вплив рішень на довкілля, соціальні аспекти та економічну ефективність, що особливо актуально для сучасного агробізнесу.

Особливо цінним є те, що платформа:

- Створює віртуальні ринки, де компанії конкурують між собою, що стимулює аналітичне мислення.
- Підтримує зелені проекти, включаючи енергоефективність та відповідальне управління.
- Включає ESG-показники як частину оцінки ефективності рішень.

- Дозволяє асинхронне навчання, що зручно для університетських курсів і тренінгів.

Завдяки підходу “learning-by-doing” платформа забезпечує глибоке засвоєння теоретичних знань через практичні кейси. Вона моделює кризові сценарії, такі як економічні потрясіння, зміни попиту чи екологічні виклики, що готує управлінців до реальних викликів аграрного сектору. [126]

Викладена система симуляційного навчання, як інструмента адаптації тваринницької логістики в умовах післявоєнного відновлення України, формується як реакція на глибокі структурні порушення логістичних ланцюгів, дефіцит кваліфікованих кадрів та зростання епізоотичних ризиків. Створення Симуляційного центру адаптивної підготовки персоналу тваринницьких господарств (СЦАППТГ) є відповіддю на виклик нестабільності: він об'єднує цифрові двійники, імерсивні технології, аналітику та освітню верифікацію для того, щоб забезпечити системну підготовку персоналу всіх рівнів - від початківців до стратегічних управлінців - до роботи в умовах обмежених ресурсів, оперативного реагування та сталого розвитку.

Місія СЦАППТГ у Концепції його побудови полягає у створенні безризикового навчального середовища, що імітує реальні сценарії постачання кормів, транспортування тварин, санітарного контролю, реагування на порушення в ланцюгах постачання та біобезпекові інциденти. Представлені симулятори базового рівня допоможуть сформувати первинне просторове мислення, етичне ставлення до тварин, елементарні навички планування маршрутів та розуміння логістичних механізмів у тваринництві. Вони вирішують проблему теоретичної відірваності освітніх програм від реалій роботи на фермі, пропонуючи студентам та новачкам активну участь у цифрових тренажерах, не ризикуючи життям тварин чи людей.

Симулятори операційного рівня дозволяють моделювати повномасштабні логістичні сценарії - від багатостопових маршрутів постачання до організації карантинних периметрів. Це дає змогу фахівцям відповідного рівня відпрацьовувати практичні дії в умовах змінного середовища, з непередбачуваними викликами, такими як порушення у постачанні медикаментів чи зміна епізоотичної ситуації. Такі платформи є важливими для мобільних тваринницьких комплексів, де навіть коротке порушення логістики може призвести до суттєвих втрат.

Запропоновані симулятори управлінського рівня вкрай важливі у стратегічному плануванні. Саме на цьому рівні симуляції дозволяють керівникам моделювати поведінку логістичних систем при спалахах епізоотій, оцінювати сценарії перерозподілу запасів, приймати рішення на основі суперечливих даних та враховувати ESG-метрики — екологічні, соціальні та управлінські аспекти сталого виробництва.

Позитивними сторонами концепції побудови СЦАППТГ є безпечність симуляцій, зменшення витрат на польове навчання, підвищення системного мислення, формування кадрового резерву та зменшення залежності від людських помилок. Однак впровадження такого Центру стикається з низкою викликів : фінансуванням, кадровим дефіцитом у викладацькому середовищі, потребою локалізації контенту до українських реалій та адаптацією до європейських нормативів. Крім того, Центру необхідна міжгалузева співпраця, захист від кіберзагроз та розвиток цифрової грамотності як серед педагогів, так і серед самих учасників. В цьому сенсі симуляційний центр не просто вирішує освітні задачі - він виконує системну функцію як рушій реінтеграції сектору тваринництва України до стійкої економіки, здатної адаптуватися до змін клімату, загроз епізоотій та геополітичної нестабільності.

3.2 Технологічна інтеграція та цифрова трансформація в логістиці скотарства

У сучасних умовах глобалізації, посилення конкуренції та змін клімату, логістика у скотарстві стає ключовою ланкою в агропродовольчому ланцюгу, що забезпечує якість, безпеку та економічну ефективність постачання продукції — від ферми до споживача. Враховуючи такі обставини , технологічна інтеграція та цифрова трансформація логістичних процесів у галузі скотарства постають як стратегічний пріоритет. Інноваційні рішення на базі цифрових технологій дозволяють автоматизувати контроль над усіма етапами логістичного ланцюга, зменшити ризики, оптимізувати використання ресурсів та забезпечити прозорість — як для внутрішніх, так і для міжнародних партнерів.

До основних напрямів технологічної інтеграції та цифрової трансформації в логістиці скотарства належать:

а. GPS-трекінг. Це система, яка дозволяє в реальному часі відстежувати місцезнаходження, швидкість транспорту та оптимізувати маршрути доставки та скорочувати витрати на пальне. Це особливо актуально в умовах воєнних ризиків, коли маршрути можуть змінюватися через небезпеку чи блокування доріг.

Вона працює на основі глобальної системи позиціонування (GPS), що передає дані про геолокацію та час будь-якому пристрою з GPS-приймачем. Для цього потрібен прямий зв'язок із щонайменше чотирма супутниками.

У транспортному моніторингу використовують різні типи GPS-пристроїв:

- GPS-маяк – простий пристрій, який визначає місце розташування авто. Він активується лише в певний час, що дозволяє економити заряд.

• GPS-трекер – більш функціональний пристрій, який постійно передає дані про місцезнаходження, стан та експлуатацію транспортного засобу.

• Супутникові системи моніторингу (наприклад, Benish Universal) – найсучасніші рішення. Вони забезпечують захист від викрадення, контроль маршруту, аналіз стилю водіння, створення геозон тощо. Важлива їхня особливість – вбудований акумулятор, який підтримує роботу навіть при відсутності основного живлення, що важливо для регіонів, де відбувалися військові дії. [127].

b, Інтернет речей (IoT) для моніторингу та управління. Інтернет речей (Internet of Things) є базовим елементом цифрової трансформації логістики, що дає змогу здійснювати постійний моніторинг фізичних процесів за допомогою сенсорів, датчиків і підключених пристроїв. У скотарстві ця технологія особливо корисна для:

• моніторингу умов транспортування худоби: температура, вологість, вентиляція у вантажівках чи причепах;

• контролю умов зберігання продукції — наприклад, температурного режиму в рефрижераторах для молока чи м'яса;

• контролю якості кормів на складах;

• моніторингу фізіологічного стану тварин під час переміщень.

Загальні переваги його застосування:

- відстеження стану транспорту. Сенсори з M2M SIM-картками можуть сповіщати про пошкодження обладнання чи виявляти потенційні ризики для нього, що дозволяє компаніям проводити профілактичне обслуговування та завчасно усувати технічні проблеми, запобігаючи аварійному стану транспорту,

- оптимізація маршрутів. Перевізники отримують дані про швидкість руху, простої чи дотримання запланованого курсу,

- зменшення витрат. Відстеження рівня палива допомагає запобігати зливу бензину та успішно контролювати щоденні витрати.

- безпека перевезень. “Розумні” сенсори можуть контролювати швидкість водіння та дотримання ПДР, попереджаючи зіткнення техніки чи наїзди на пішоходів. Крім того, IoT допомагає виявляти несанкціонований доступ до вантажу, боротися з крадіжками та незаконним використанням транспорту. [128]

с. Технологія блокчейн. Блокчейн — це децентралізована цифрова система зберігання даних, у якій кожен запис (транзакція) є незмінним, прозорим і підтвердженим мережею користувачів. У сфері логістики скотарства ця технологія дає змогу зафіксувати кожен етап виробництва, обробки, транспортування та реалізації тваринницької продукції, що не лише знижує ризики фальсифікації, а й спрощує сертифікацію та доступ до міжнародних ринків.

Основні аспекти застосування блокчейну в логістиці скотарства:

- блокчейн дозволяє створити надійний цифровий реєстр сертифікатів якості, ветеринарних довідок, документів про походження тощо. Ці дані автоматично оновлюються й доступні у відкритому або контрольованому доступі для всіх учасників ланцюга постачання — від виробника до регуляторів і кінцевого споживача,

- кожна партія продукції отримує унікальний цифровий паспорт , що містить усю інформацію про товар: ферму-виробника, дані про тварину (вік, порода, стан здоров’я), методи годування, умови зберігання та транспортування, результати лабораторних аналізів, відповідність стандартам

ЄС чи інших країн. Це забезпечує повну простежуваність і дає змогу ідентифікувати будь-яку невідповідність ще до того, як продукція потрапить до споживача,

- блокчейн-системи створюють незмінний ланцюг записів, що виключає можливість підробки інформації або її ретроспективного редагування. Це вкрай важливо в умовах поширення фальсифікованої продукції або контрафактної сировини,

- інтеграція смарт-контрактів (автоматичних цифрових угод) у блокчейн дає змогу значно пришвидшити митне оформлення продукції. Завдяки цифровим сертифікатам і даним, які автоматично підтверджують відповідність стандартам, митні служби можуть оперативно верифікувати партію, зменшити обсяг паперової бюрократії та прискорити логістичні процеси.

Попри війну, Україна має можливість інтегрувати блокчейн у логістику скотарства завдяки доступу до відкритих технологічних платформ, міжнародній підтримці та співпраці з IT-сектором : платформи на зразок IBM Food Trust або AgriDigital можуть адаптуватися до потреб українських виробників. [129]

*d.*Хмарні логістичні платформи. Хмарні рішення забезпечують централізоване управління логістичними процесами: від координації поставок кормів до моніторингу запасів і дистрибуції готової продукції. Такі платформи дозволяють об’єднати фермерів, перевізників і переробників в єдину екосистему.

Основні функції хмарних логістичних платформ:

- хмарні системи дозволяють агровиробникам моніторити запаси кормів у режимі реального часу, аналізувати споживання, прогнозувати майбутні потреби залежно від сезону або чисельності поголів’я. Це допомагає уникати ситуацій із нестачею або перевиробництвом кормів,

що напряму впливає на якість продукції та економічну ефективність господарства,

- хмарні рішення використовують автоматизовані логістичні алгоритми, що оптимізують маршрути доставки кормів, ветеринарних препаратів, обладнання або готової продукції. Завдяки цьому зменшуються витрати на транспорт, час простою та ймовірність помилок у плануванні. Це особливо актуально в умовах порушеної інфраструктури, коли потрібно швидко перебудовувати логістичні ланцюги.

- одна з головних переваг хмарних платформ - це відкрита й захищена взаємодія між усіма учасниками логістичного процесу: фермерами, постачальниками, перевізниками, дистриб'юторами, ветеринарними службами тощо. Така інтеграція мінімізує затримки в передачі інформації, дозволяє оперативно реагувати на зміни, планувати спільні дії й уникати дублювання операцій. [130]

е. Аналітика великих даних (Big Data). Умови воєнного часу, зміни клімату, порушення логістичних маршрутів і нестабільність споживчого попиту — всі ці фактори змушують агропідприємства швидко адаптуватися до нових реалій. В цьому контексті Big Data забезпечує можливість виявляти закономірності, прогнозувати ризики та оптимізувати весь ланцюг постачання — від ферми до полиці магазину.

Основні аспекти застосування аналітики великих даних у логістиці скотарства:

- аналітика ринкових тенденцій, поведінки споживачів і сезонності дозволяє точно прогнозувати потребу в м'ясній та молочній продукції у різних регіонах та часових інтервалах. Це дає змогу виробникам і постачальникам більш ефективно планувати обсяги виробництва, зберігання, транспортування й навіть кадрове забезпечення ,

- Big Data дозволяє об'єднати інформацію про погодні умови, стан доріг, наявність транспорту, ситуацію на

прикордонних переходах, щоб розрахувати найефективніші маршрути доставки кормів та іншої тваринницької продукції ,

- аналіз історичних та поточних логістичних даних дозволяє виявляти неефективні маршрути, порожні пробіги, перевитрати пального, нераціональне використання транспорту. Big Data сприяє зменшенню витрат на перевезення, скороченню часу доставки, покращенню завантаження транспорту та зниженню впливу людського фактора. [131,132]

f. Штучний інтелект (AI) і машинне навчання. Штучний інтелект (AI) і машинне навчання (ML) виступають інструментами нового покоління, що дозволяють не лише зберігати і обробляти дані, а й навчатися на основі нових даних, виявляти складні взаємозв'язки, прогнозувати події і автоматично ухвалювати оптимальні рішення. Це забезпечує новий рівень гнучкості, масштабованості та адаптивності логістичних систем. У скотарстві, де транспортування живих тварин і швидкопсувної продукції потребує виняткової точності, AI особливо цінний завдяки здатності швидко реагувати на зміни, мінімізувати ризики та підвищувати рентабельність логістичних операцій.

Основні аспекти використання AI у логістиці скотарства:

- алгоритми штучного інтелекту аналізують великі масиви історичних та поточних даних — включаючи погодні умови, стан доріг, військову ситуацію, трафік і поведінку попередніх поставок. Це дає змогу передбачати можливі затримки ще до їх виникнення та пропонувати альтернативні логістичні рішення [133]

- машинне навчання здатне вивчати закономірності в роботі логістичних систем і самостійно покращувати ефективність використання транспортних засобів, складів, персоналу. Це особливо актуально для великих аграрних холдингів, де ресурси розпорошені по різних регіонах , [134]

- штучний інтелект автоматично формує графіки доставки, створює документи, синхронізує поставки з виробничими планами та відстежує хід виконання замовлень,

- AI може швидко аналізувати зміну попиту на продукцію, коливання валют, нестачу пального чи збої на кордонах, щоб коригувати логістичні стратегії. Такі системи не лише інформують менеджера, а й пропонують альтернативні сценарії або самі переходять до виконання нового маршруту чи плану. [133]

g. Автоматизація та роботизація складських процесів. Автоматизація складських процесів для скотарства, де вкрай важливими є швидкість обробки чутливих до терміну придатності товарів, збереження санітарних стандартів і надійність інвентарного обліку, є особливо актуальною.

Основні технології автоматизації складів:

- системи управління складами WMS (Warehouse Management System) забезпечує комплексну автоматизацію складських операцій, включаючи прийом, зберігання, інвентаризацію та відвантаження товарів, [135]

- роботизовані системи. Сучасні автономні роботи, такі як AGV (автоматизовані ведучі транспортні засоби) та AMR (мобільні автономні роботи), використовуються для перевезення товарів на складах без прямої участі людей. Вони можуть автоматично пересуватися по складу, збирати товари з полиць та доставляти їх до зони збору замовлень або зони відправлення. [130]

- автоматизовані конвеєри. Конвеєрні системи дозволяють швидко переміщувати товари між різними зонами складу, оптимізуючи логістичні процеси.

- крос-докінг . Це логістична практика, коли продукція від постачальника чи виробника розповсюджується безпосередньо до клієнта чи мережі роздрібної торгівлі з мінімальним або взагалі відсутнім часом обробки чи зберігання. Вона дозволяє швидко перевалювати молочну

продукцію без тривалого зберігання, що зменшує витрати та покращує якість товарів. [136]

- автоматизація інвентаризації. Використання RFID-технологій та штрихкодів дозволяє точно контролювати запаси кормів та ветеринарних засобів у режимі реального часу.

h. Дрони та автономний транспорт. Дрони можуть використовуватися для швидкої доставки ветеринарних препаратів у віддалені ферми, а також для транспортування кормів у зони з обмеженою інфраструктурою. Це особливо актуально в регіонах, де традиційні транспортні засоби мають обмежений доступ.

Безпілотні вантажівки та роботизовані транспортні системи можуть значно знизити залежність від людського фактора, підвищуючи ефективність логістичних процесів. Використання автономного транспорту дозволяє також зменшити витрати на паливо та персонал, а також скоротити час доставки продукції. [137]

Незважаючи на значний потенціал цифрових технологій, їх впровадження в логістиці скотарства в Україні стикається з низкою перешкод, які уповільнюють трансформаційні процеси. Ці бар'єри мають комплексний характер і охоплюють економічні, технічні, організаційні, регуляторні та безпекові аспекти, посилені наслідками воєнної агресії.

1. Економічні бар'єри залишаються одним із головних стримувальних чинників. Висока вартість впровадження цифрових рішень — зокрема IoT-датчиків, GPS-навігації, хмарних платформ, програмного забезпечення та автоматизованих систем є надмірним фінансовим навантаженням для багатьох малих і середніх агровиробників. Додатково, обмежений доступ до кредитування та інвестицій через воєнні ризики ще більше ускладнює модернізацію. Оскільки економічна віддача від впровадження технологій

часто настає лише в середньо- або довгостроковій перспективі, фермери та підприємства не готові ризикувати обмеженими ресурсами за умов високої невизначеності.

2. Технічні обмеження пов'язані як з інфраструктурною відсталістю, так і з відсутністю уніфікованих рішень. У багатьох сільських регіонах спостерігається нестабільне або повністю відсутнє інтернет-покриття, що фактично унеможливлює використання хмарних сервісів, віддаленого моніторингу чи IoT-пристроїв. Крім того, системна несумісність технологічних рішень різних постачальників ускладнює інтеграцію обладнання та програм у єдине цифрове середовище. До цього додаються логістичні труднощі з імпортом сучасного обладнання, зумовлені перебоями в міжнародному постачанні та внутрішньою інфраструктурною деградацією.

3. Організаційні виклики охоплюють людський фактор та відсутність ефективної координації в ланцюгах постачання. Низький рівень цифрової грамотності персоналу, особливо у традиційних фермерських господарствах, призводить до неефективного або фрагментарного використання нових технологій. Фрагментарність учасників логістичного ланцюга ускладнює обмін даними, синхронізацію процесів та прозорість. Додатково, опір змінам з боку керівників підприємств, які звикли до класичних підходів і не завжди довіряють цифровим рішенням, уповільнює цифровізацію навіть за наявності фінансових і технічних можливостей.

4. Регуляторні та безпекові чинники створюють додаткові труднощі. Українське законодавство все ще не забезпечує чітких рамок для впровадження технологій, таких як блокчейн або автономні логістичні платформи. Це створює правову невизначеність для інвесторів і гальмує розробку стандартів. Водночас, рівень кібербезпеки залишається недостатнім, що робить цифрові системи вразливими до хакерських атак, особливо в умовах гібридної війни. Крім того,

міжнародні стандарти ЄС щодо простежуваності продукції та цифрової сертифікації вимагають значних витрат на сертифікацію та адаптацію технологій, які не всі підприємства можуть собі дозволити. [138]

5. Воєнні виклики мають системний та деструктивний характер. Руйнування логістичної інфраструктури, включно з дорогами, мостами, складами, логістичними хабами, унеможливлює навіть базову організацію поставок, не кажучи вже про високотехнологічну логістику. Обмеження експорту, зокрема блокада портів, перевантаження західних прикордонних переходів і логістичні затримки на митниці, формують нові виклики для планування та реалізації ланцюгів постачання. До цього додається загальна фінансова нестабільність, що посилює обережність інвесторів та знижує готовність до довгострокових інвестицій у цифровізацію.

Для успішної реалізації концепції технологічної інтеграції та цифрової трансформації в логістиці скотарства в Україні необхідно комплексно підійти до розв'язання зазначених проблем. Цей підхід передбачає фінансову підтримку, інституційні зміни, навчання персоналу, удосконалення нормативно-правової бази та подолання наслідків війни, що дозволить повноцінно реалізувати потенціал цифрових технологій і підвищити ефективність, безпеку та конкурентоспроможність логістики в аграрному секторі України.

Пропозиції щодо подолання цих викликів:

1. Економічні заходи. Для стимулювання економічних заходів у сфері цифрової трансформації логістики скотарства в Україні необхідна комплексна стратегія, яка поєднує державну підтримку, міжнародну співпрацю та інноваційні фінансові моделі. Цілеспрямована державна політика має фокусуватися на створенні програм субсидування та пільгового кредитування, спрямованих на впровадження сучасних технологій, таких як Інтернет речей (IoT), GPS-

навігація, системи управління складами (WMS) і блокчейн-рішення. Такі програми дозволять особливо малим та середнім аграрним господарствам подолати фінансові бар'єри, пов'язані з високою вартістю обладнання та програмного забезпечення. [139]

Важливим елементом є залучення міжнародного приватного сектору, зокрема компаній, що спеціалізуються на хмарних технологіях, аналітиці великих даних і аграрному програмному забезпеченні, таких як IBM чи Cisco. Співпраця з такими гравцями сприятиме розробці доступних і масштабованих рішень, адаптованих до потреб українських фермерів. Так, інтеграція хмарних платформ може оптимізувати координацію поставок і управління запасами, знижуючи операційні витрати. Паралельно доцільно впроваджувати лізингові моделі для оренди обладнання, таких як IoT-датчики чи WMS-системи, що значно зменшить початкові інвестиційні витрати для скотарських комплексів.. Модель Software as a Service (SaaS) також має великий потенціал, оскільки дозволяє фермерам використовувати передові логістичні платформи без необхідності значних капіталовкладень у власну інфраструктуру. [140]

Для підвищення довіри до цифрових технологій необхідно проводити пілотні проекти, які наочно демонструють їхню економічну ефективність. Такі проекти можуть фінансуватися через державно-приватні партнерства (ДПП), що поєднують ресурси уряду, міжнародних донорів і технологічних компаній.

2. Технічні рішення. Головними напрямами таких рішень є розширення телекомунікаційної інфраструктури, локалізація виробництва обладнання, стандартизація технологій через створення відкритих цифрових платформ і впровадження хмарних сервісів за моделлю Software as a Service (SaaS). Надійна телекомунікаційна інфраструктура є основою для впровадження цифрових технологій, таких як Інтернет речей

(IoT), GPS-трекінг і хмарні платформи. У сільських громадах України, де доступ до високошвидкісного інтернету (4G/5G) часто обмежений або нестабільний, пріоритетом має стати розширення покриття через державно-приватне партнерство. Такі партнерства можуть залучати провідних операторів мобільного зв'язку, таких як Vodafone чи Kyivstar, а також міжнародних донорів, зокрема ЄБРР , для встановлення базових станцій у віддалених деокупованих регіонах. У воєнний час особливого значення набувають резервні рішення, такі як супутниковий інтернет (наприклад, Starlink), які гарантують зв'язок у регіонах із пошкодженою інфраструктурою, дозволяючи логістичним системам функціонувати безперебійно.

Паралельно необхідно зменшити залежність від імпорту технологічного обладнання, необхідного для цифровізації логістики скотарства. Локалізація виробництва IoT-датчиків, RFID-систем, сенсорів для відстеження кормів та температурних режимів, а також GPS-пристроїв дозволить знизити витрати, мінімізувати ризики, пов'язані з перебоями в поставках, і підтримати економіку України. Такі пристрої можуть бути оптимізовані для роботи в умовах нестабільного електропостачання чи екстремальних погодних умов, що є актуальним для українських реалій. Розвиток місцевих AgTech-стартапів через інкубатори та акселератори також сприятиме створенню інноваційних рішень, доступних для малих і середніх скотарських господарств.

Ще одним важливим аспектом є забезпечення сумісності між різними технологіями, що використовуються в логістиці скотарства. Фрагментованість рішень, коли IoT-датчики, GPS-системи чи хмарні платформи від різних постачальників не можуть ефективно взаємодіяти, ускладнює їх інтеграцію та підвищує витрати. Для подолання цієї проблеми в Україні необхідно створити відкриту цифрову платформу з інтегрованими API, подібну до європейської

платформи Gaia-X [141] , яка забезпечуватиме взаємодію між логістичними, виробничими та переробними системами . Така платформа може об'єднувати дані з IoT-датчиків для моніторингу умов транспортування худоби, GPS-трекерів для оптимізації маршрутів і блокчейн-систем для сертифікації продукції, створюючи єдину екосистему для всіх учасників ланцюга постачання.

Доповненням до вищезазначених заходів є широке впровадження хмарних сервісів за моделлю SaaS, які дозволяють значно знизити витрати на обслуговування IT-інфраструктури та забезпечити мобільність у кризових умовах. SaaS-платформи, такі як NetSuite або Microsoft Azure IoT, надають фермерам і логістичним операторам доступ до передових інструментів управління запасами, оптимізації транспортування та моніторингу якості без необхідності інвестувати в дорогі сервери чи ліцензії. [140]. Хмарні сервіси також забезпечують автоматичні оновлення та інтеграцію з іншими технологіями, що робить їх гнучкими та адаптивними.

3. Організаційні ініціативи. У сучасних умовах, зумовлених воєнними викликами, економічною нестабільністю та необхідністю адаптації до міжнародних стандартів, організаційні ініціативи мають забезпечити ефективне використання цифрових інструментів, таких як Інтернет речей (IoT), системи управління складами (WMS) і аналітика великих даних. Створення системних навчальних програм, національної цифрової платформи, регіональних консультаційних центрів і промоція культури інновацій через інформаційні кампанії та демонстраційні проєкти є основними кроками для досягнення цієї мети.

Розгортання системних навчальних програм для фермерів, логістів та операторів складів є базою для підвищення цифрової грамотності в агросекторі. Такі програми мають бути зосереджені на практичному застосуванні сучасних інструментів, включаючи аналіз

великих даних для прогнозування попиту, роботу з WMS для управління запасами кормів та ветеринарних засобів, а також використання штучного інтелекту (AI) для оптимізації логістичних процесів.

Модернізація логістичної координації є ще одним важливим напрямом. Створення національної цифрової платформи, яка об'єднує фермерів, перевізників, переробників і експортерів, дозволить зменшити фрагментацію ланцюгів постачання та мінімізувати втрати через неефективний обмін інформацією. Така платформа може інтегрувати дані з GPS-трекерів для оптимізації маршрутів, IoT-систем для контролю якості продукції та блокчейн-рішень для сертифікації походження м'яса чи молока. Розробка подібної платформи потребує координації між Міністерством аграрної політики, IT-компаніями та міжнародними партнерами, такими як FAO, які мають досвід у створенні подібних екосистем.

Для практичної підтримки господарств у впровадженні цифрових рішень необхідно створити мережу регіональних логістичних координаційних центрів. Ці центри можуть надавати фермерам і логістичним операторам технічну допомогу, наприклад, із налаштування WMS чи інтеграції IoT-датчиків, а також консультувати щодо доступу до державних грантів і SaaS-платформ. Такі центри можуть функціонувати при аграрних асоціаціях або місцевих адміністраціях, забезпечуючи індивідуальний підхід до потреб малих і середніх скотарських господарств. [142]

Подолання психологічного бар'єру до цифровізації є не менш важливим завданням. Для формування культури інновацій необхідно проводити інформаційні кампанії, які популяризують переваги цифрових рішень, таких як зниження витрат на логістику чи спрощення експорту. Демонстраційні ферми, де успішно застосовуються IoT, WMS чи блокчейн, можуть стати наочним прикладом економічних вигод.

Реалізація цих організаційних ініціатив сприятиме підвищенню ефективності логістики скотарства, зниженню операційних витрат і посиленню конкурентоспроможності України на глобальному ринку.

4. Регуляторні та безпекові заходи. Розробка чіткого законодавчого поля є необхідною умовою для регулювання використання сучасних технологій у логістиці скотарства. В Україні поки що бракує нормативних актів, які б комплексно регулювали застосування блокчейну для сертифікації походження продукції, IoT для моніторингу умов транспортування чи AI для оптимізації логістичних процесів. Ухвалення таких законів має включати чіткі правила щодо захисту даних, які генеруються цифровими системами, наприклад, інформація про запаси кормів, маршрути перевезень чи сертифікати якості м'яса та молока. Законодавство має відповідати міжнародним стандартам, зокрема Загальному регламенту захисту даних (GDPR) ЄС, щоб забезпечити довіру іноземних партнерів і полегшити експорт.

Забезпечення кібербезпеки є невід'ємною частиною цифровізації, оскільки хмарні платформи, IoT-системи та блокчейн вразливі до хакерських атак, які можуть призвести до витоку даних, порушення логістичних процесів або фінансових збитків. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» №2163-VIII від 5 жовтня 2017 року [143] визначає правові та організаційні основи захисту національних інтересів у кіберпросторі. Закон передбачає інтеграцію з міжнародними стандартами ЄС та НАТО, а також врахування кращих світових практик у сфері кібербезпеки та кіберзахисту. У контексті гармонізації з міжнародними стандартами, в Україні впроваджено серію стандартів ISO/IEC 27000, які розроблені Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) та Міжнародною електротехнічною комісією (IEC) [144], які дозволять

захистити цифрові системи, що використовуються в логістиці скотарства. Для цього необхідно розробити рекомендації для господарств щодо захисту даних, наприклад, шифрування інформації з IoT-датчиків, які відстежують температуру в рефрижераторах, або забезпечення безпеки хмарних WMS-систем.

Гармонізація українських стандартів із вимогами Європейського Союзу є критично важливою для розширення експорту молочної та м'ясної продукції. Адаптація до норм ЄС, таких як стандарти гуманного транспортування тварин чи вимоги до сертифікації, потребує впровадження цифрових інструментів, зокрема блокчейн-систем для створення цифрових сертифікатів, які підтверджують якість і безпеку продукції. Наприклад, цифровий сертифікат, що містить дані про походження м'яса, умови його виробництва та транспортування, може бути інтегрований у блокчейн-платформу, доступну для європейських регуляторів. Для реалізації гармонізації необхідно співпрацювати з європейськими інституціями, такими як Європейська комісія, та адаптувати українські стандарти до вимог, викладених у регламентах ЄС, наприклад, Регламенті (ЄС) № 2017/625 щодо офіційного контролю.

Спрощення митних процедур через впровадження електронних систем, інтегрованих із блокчейн-платформами, є ще одним важливим кроком для полегшення експорту. Електронні митні системи дозволяють автоматизувати оформлення документів, скорочуючи час і витрати на митних пунктах, що є особливо актуальним в умовах перевантаженості західних кордонів України. Інтеграція з блокчейн-платформами може забезпечити прозорість і незмінність даних про вантажі, що зменшує ризик бюрократичних затримок.

Ці регуляторні та безпекові заходи створять сприятливе середовище для цифрової трансформації

логістики скотарства, забезпечуючи захист даних, відповідність міжнародним стандартам і спрощення експортних процедур.

5. Адаптація до воєнних умов у цифровій трансформації. Адаптація до воєнних умов вимагає використання сучасних технологій для створення альтернативних маршрутів, розробки мобільних рішень, організації тимчасових логістичних центрів і залучення міжнародної допомоги.

Використання GPS-трекінгу та штучного інтелекту (AI) дозволяє оптимізувати маршрути через західні кордони України, уникаючи небезпечних регіонів і перевантажених прикордонних пунктів. AI-алгоритми можуть аналізувати дані про стан доріг, безпекову ситуацію та затори, пропонуючи найшвидші й найбезпечніші шляхи для транспортування худоби, кормів чи молочної продукції. Такі рішення, інтегровані з хмарними платформами, забезпечують реальний час моніторингу та швидке реагування на зміни, що є особливо важливим для експорту до країн ЄС через пункти пропуску в Польщі чи Румунії. Впровадження таких технологій може скоротити час доставки та знизити логістичні витрати, що є критично важливим для збереження економічної ефективності. [145]

Розробка мобільних рішень є ще одним важливим напрямом адаптації до воєнних умов, коли доступ до традиційної інфраструктури, такої як стабільне електропостачання чи інтернет, може бути обмеженим. Портативні IoT-пристрої, наприклад датчики для моніторингу температури та вологості в рефрижераторах, можуть працювати автономно або через супутниковий зв'язок, такий як Starlink, забезпечуючи безперервний контроль умов транспортування худоби чи швидкопсувної продукції. Хмарні додатки, доступні через модель Software as a Service (SaaS), дозволяють фермерам і логістам управляти запасами,

координувати поставки та відстежувати вантажі з мобільних пристроїв, особливо у деокупованих регіонах. [139,140]

Створення тимчасових логістичних центрів у безпечних регіонах України є стратегічно доцільним рішенням для забезпечення безперебійної роботи аграрного сектору в умовах воєнного ризику. Такі регіональні хаби можуть виконувати функції тимчасових складів для зберігання кормів, ветеринарних препаратів та готової продукції, а також слугувати точками логістичної координації для подальшого транспортування товарів скотарського виробництва до західних кордонів.

Важливою перевагою є можливість інтеграції цих центрів з електронними митними системами, що дозволяє суттєво пришвидшити оформлення експортних документів і знизити адміністративне навантаження на агровиробників.

Крім того, міжнародна співпраця відкриває перспективи для обміну досвідом і впровадження найкращих світових практик. Зокрема, адаптація європейських моделей цифрової логістики до українських умов сприятиме підвищенню ефективності постачання, забезпеченню прозорості ланцюгів постачання та вдосконаленню управління ризиками. Така співпраця також може стати джерелом фінансової підтримки і стимулом для прискорення цифрової трансформації логістики в умовах війни.

На основі аналізу технологічних, економічних, організаційних, регуляторних і безпекових напрямів пропонується **Концепція,** шо ґрунтується на трьох ключових принципах: доступність, інтеграція та стійкість. Ці принципи спрямовані на подолання бар'єрів, таких як обмежене фінансування, фрагментованість ланцюгів постачання та воєнні ризики, забезпечуючи комплексний підхід до впровадження цифрових технологій, включаючи Інтернет речей (IoT), GPS-трекінг, блокчейн, хмарні платформи та штучний інтелект (AI). Концепція адаптована до українських

реалій і орієнтована на підтримку малих і середніх господарств, оптимізацію логістичних процесів і посилення позицій на міжнародних ринках.

1. Доступність є першим принципом, який передбачає забезпечення широкого доступу до цифрових технологій для всіх учасників галузі, особливо для малих та середніх господарств, які часто обмежені у фінансових ресурсах.

Поступове впровадження модульних рішень, яке дозволяє почати з базових технологій, таких як GPS-трекінг, і згодом перейти до складніших систем, як IoT чи блокчейн, забезпечить гнучкість та зниження ризиків.

Створення регіональних логістичних координаційних центрів, які надаватимуть технічну підтримку та консультації щодо вибору й налаштування цифрових інструментів, допоможе фермерам ефективно адаптувати технології до своїх потреб. Ці центри можуть функціонувати при аграрних асоціаціях або місцевих адміністраціях, надаючи практичну допомогу, наприклад, із інтеграції IoT-датчиків для моніторингу якості молока.

2. Інтеграція є другим принципом, який спрямований на подолання фрагментації ланцюгів постачання шляхом створення єдиної цифрової екосистеми. Розробка національної цифрової платформи для логістики скотарства, яка об'єднує фермерів, перевізників, переробників і експортерів, забезпечить прозорий обмін даними та координацію процесів.

Забезпечення сумісності між різними технологіями через відкриті стандарти та API є критично важливим, оскільки несумісність рішень від різних постачальників ускладнює їх впровадження.

Інтеграція з міжнародними системами сертифікації, наприклад, цифровими паспортами для м'яса чи молока, полегшить доступ до ринків ЄС, де прозорість походження продукції є обов'язковою умовою. Співпраця з міжнародними

партнерами, такими як Європейська комісія чи FAO, допоможе гармонізувати українські платформи з глобальними стандартами, зміцнюючи експортний потенціал.

3. Стійкість є третім принципом, який враховує необхідність адаптації технологічної інтеграції та цифрової трансформації до воєнних умов та глобальних викликів, таких як зміна клімату та зростання кіберзагроз. Технології мають бути пристосовані до роботи в умовах обмеженої інфраструктури деокупованих територій. Впровадження зелених технологій, таких як електромобілі для транспортування чи оптимізація маршрутів для зниження викидів CO_2, сприятиме екологічній стійкості та відповідності міжнародним стандартам, зокрема вимогам ЄС щодо зменшення вуглецевого сліду.

Кібербезпека є невід'ємною частиною стійкості, оскільки цифрові системи вразливі до атак, які можуть порушити логістичні процеси. Впровадження стандартів, таких як ISO 27001, та навчання фермерів основам захисту даних забезпечать безпеку інформації.

Адаптація до воєнних умов також передбачає створення тимчасових логістичних хабів у безпечних регіонах України для релокації складів, а також залучення грантів від ЄС та США для відновлення інфраструктури та фінансування цифрових проектів.

Ця концепція забезпечує комплексний підхід до технологічної інтеграції та цифрової трансформації логістики скотарства, враховуючи економічні, технічні, організаційні, регуляторні та безпекові аспекти. Реалізація концепції потребує скоординованих зусиль держави, приватного сектору та міжнародних партнерів, але вона здатна вивести українське скотарство на новий рівень ефективності та конкурентоспроможності.

РОЗДІЛ 4.
ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА УМОВ ЗМІНИ ТОВАРНОЇ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ

4.1 Теоретичні засади управління ланцюгами постачань у логістиці тваринництва : застосування для змін товарної спеціалізації підприємств-виробників

Теорія управління ланцюгами постачань (УЛП, або Supply Chain Management, SCM) пропонує системний підхід до управління потоками товарів, інформації та фінансів. Ланцюг постачань у тваринництві являє собою складну багаторівневу систему, яка охоплює всі етапи створення доданої вартості - від забезпечення тварин ресурсами до реалізації готової продукції кінцевому споживачеві. Його сутність полягає в інтеграції економічних, технологічних та логістичних процесів між численними учасниками, що забезпечують безперервний потік матеріалів, інформації та послуг.

Застосування моделей теорії УЛП виходить за межі простої оптимізації логістики, стаючи стратегічним інструментом для глибоких бізнес-трансформацій, зокрема для зміни товарної спеціалізації підприємств-виробників. Зміна спеціалізації - це не просто заміна одного виду діяльності на інший, а фундаментальна перебудова всього ланцюга вартості, в який інтегроване підприємство. Така трансформація вимагає аналізу всіх елементів ланцюга, від постачальників до споживачів, з акцентом на ефективність та стійкість.

Початковий сегмент ланцюга постачань, який часто визначають як upstream-зону, охоплює сферу постачання базових ресурсів для виробництва. Саме на цьому етапі закладаються передумови майбутньої ефективності фермерських господарств - через формування

інфраструктурного контуру підтримки тваринництва, який охоплює компанії, що забезпечують галузь кормами, генетичним матеріалом, ветеринарними препаратами, дезінфекційними засобами, системами утримання, вентиляції та моніторингу стану тварин. Своєчасність, якість та стабільність таких поставок безпосередньо впливають на здоров'я поголів'я, його продуктивність і економічну стійкість виробництва. Водночас важливу роль відіграють консультативні служби, наукові центри, агрономи, ветеринари та інженери-технологи, які забезпечують раціональне використання ресурсів та впровадження інноваційних практик у виробничий процес.

Центральною ланкою є власне ферма або аграрне підприємство, де відбувається безпосереднє утримання та вирощування тварин, їх годівля, відтворення, профілактика захворювань й отримання первинної продукції - м'яса, молока, яєць, вовни чи іншої сировини. Саме тут формується основна цінність кінцевого продукту, тому ефективність цього етапу залежить від рівня менеджменту, дотримання стандартів благополуччя тварин, використання точних технологій та цифрових рішень. Сучасні ферми дедалі частіше впроваджують автоматизовані системи годівлі, моніторинг стану здоров'я тварин за допомогою сенсорів, а також цифрові платформи управління даними, що дозволяє не лише зменшити ризики, але й забезпечити високу продуктивність при мінімальних витратах.

Наступний етап, який охоплює downstream-ланку, пов'язаний із переробкою, пакуванням, дистрибуцією та збутом продукції. Тут до процесу залучаються забійні підприємства, м'ясокомбінати, молочні та сироварні заводи, логістичні компанії, торговельні мережі й дистриб'ютори. Саме на цій стадії відбувається формування кінцевого споживчого продукту, який має відповідати суворим стандартам якості, безпечності й простежуваності.[146] Важливими аспектами є

оптимізація холодового ланцюга, забезпечення належних умов транспортування, сертифікація продукції за міжнародними стандартами (наприклад, ISO 22000, HACCP), а також ефективне позиціонування бренду на ринку. У глобальному масштабі, зменшення втрат на етапах транспортування та зберігання є суттєвим, оскільки, за даними FAO, впровадження кращих практик може скоротити втрати молока на 30-50% завдяки холодильним технологіям. [147]

Сучасна концепція управління ланцюгами постачань (УЛП) у тваринництві ґрунтується на розумінні того, що успішна конкуренція відбувається не між окремими виробниками, а між цілісними інтегрованими системами. Така інтеграція створює синергію, коли ефективність усіх учасників зростає завдяки узгодженій взаємодії, спільному плануванню виробництва, обміну інформацією в режимі реального часу та швидкому реагуванню на зміни ринку. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO, 2023), інтегровані ланцюги постачань у тваринництві здатні знизити викиди парникових газів до 30% завдяки кращим практикам годівлі, здоров'я та управління відходами, а також скоротити втрати продукції під час транспортування й зберігання, що є вирішальним чинником для підвищення продовольчої безпеки. [147]

Зміна товарної спеціалізації в тваринництві за допомогою моделей управління ланцюгами постачань (УЛП) дає змогу аграрним підприємствам ефективно адаптуватися до ринкових змін, зокрема коливань попиту, нових регуляторних вимог чи кліматичних викликів. Використання таких моделей сприяє оптимізації витрат, оскільки вони допомагають виявити слабкі або неефективні ланки у системі постачання та спрямувати ресурси на більш стійкі й рентабельні напрями діяльності. Оптимізація витрат на зберігання та постачання кормів відіграє основну роль у цьому

процесі, оскільки саме ці витрати часто визначають економічну доцільність зміни виробничого напряму. Як зазначають Petrova N. та Genchev E. [148], моделі УЛП, зокрема модифікована модель Wilson, дають змогу ефективно керувати запасами кормів й зменшує ризики перевитрат або дефіциту, що є важливим чинником при переході на нову спеціалізацію. Наприклад, під час переорієнтації на молочне скотарство змінюється структура кормової бази - від переважання зернових до пасовищних культур, що дозволяє зменшити залежність від сезонних коливань цін й підвищити стабільність виробництва. В Україні, де війна порушила традиційні маршрути постачань зерна та кормів, такі моделі дозволяють фермерам перейти на місцеві джерела, зменшуючи залежність від імпорту та підвищуючи резистентність до кліматичних , ринкових змін та логістичних криз.

Інтеграція фермерських господарств із downstream-учасниками, зокрема молочними заводами, є стратегічним напрямом розвитку, який дозволяє перейти від традиційного продажу сировини до виробництва готової продукції з високою доданою вартістю. Такий підхід відкриває доступ до нових сегментів ринку - органічних йогуртів, сирів, функціональних продуктів - й водночас підвищує прибутковість завдяки покращеній видимості попиту, прогнозованості збуту та можливості створення власного бренду. Упорядковані ланцюги постачання (УЛП) забезпечують прозорість, узгодженість дій та постійний обмін даними між виробниками та переробниками, що сприяє формуванню довгострокових партнерських відносин, зниженню транзакційних витрат й зміцненню взаємної довіри. За даними програм FAO, зокрема ініціативи Dairy Nourishes Africa, така інтеграція дає змогу зменшити втрати харчових продуктів на 2–7%, підвищити продуктивність на 25% та збільшити доходи фермерів у середньому на 29%,

демонструючи ефективну синергію між upstream- і downstream-етапами ланцюга. [149] У контексті післявоєнного відновлення України подібна модель відкриває перспективи створення кластерних структур та місцевих кооперативів, що об'єднують виробництво, переробку й збут у єдину екосистему сталого аграрного розвитку, попри воєнні ризики.

У сфері ризик-менеджменту упорядковані ланцюги постачання (УЛП) мають дуже важливе значення, оскільки забезпечують диверсифікацію постачальників та каналів збуту, що є особливо важливим в умовах епідеміологічних загроз, таких як африканська чума свиней, або під час дії економічних обмежень, які порушують традиційні логістичні маршрути. Завдяки впровадженню стійких логістичних стратегій аграрні підприємства можуть мінімізувати залежність від окремих ринків, підвищити гнучкість функціонування та забезпечити безперервність виробничих процесів навіть у періоди криз. За даними досліджень MIT Center for Transportation and Logistics [150] , військові дії в Україні призвели до глобальних збоїв у ланцюгах постачання кормів й добрив, що стимулювало компанії до reshoring - локалізації виробництва та диверсифікації джерел постачання, завдяки чому ризики знижуються на 20–30% через використання альтернативних постачальників й регіональних логістичних мереж. В українських реаліях це проявляється у структурних змінах галузі, зокрема переході від свинарства до птахівництва, яке потребує меншої кормової бази, має коротший виробничий цикл та характеризується швидшою біологічною відновлюваністю, що дозволяє оперативно реагувати на втрати поголів'я та ринкові коливання. У даному контексті УЛП виступає не лише інструментом логістичної оптимізації, а й механізмом стратегічної стійкості, який інтегрує виробництво, переробку, збут та систему управління ризиками в єдину адаптивну модель агробізнесу.

Зміна спеціалізації фермерських господарств у напрямку органічного тваринництва є важливим кроком до сталого розвитку, що відповідає глобальним екологічним трендам та відкриває доступ до преміум-сегментів ринку. Такий перехід дозволяє не лише зменшити негативний вплив на довкілля, а й покращити здоров'я тварин, зокрема ефективність їхньої імунної системи, що в довгостроковій перспективі знижує витрати на ветеринарні послуги та підвищує якість продукції. Органічне виробництво сприяє формуванню довіри споживачів, розширенню експортних можливостей й залученню інвестицій у зелену економіку. За даними FAO, сталі ланцюги постачань у тваринництві, з акцентом на принципи кругової економіки — наприклад, використання гною для виробництва біогазу — можуть скоротити викиди парникових газів на 14,5% від антропогенних джерел, одночасно підвищуючи продуктивність на 15–20%. [151] У контексті України, де кліматичні зміни та військові дії посилюють деградацію земель, впровадження таких практик, як сівопастбищні системи, дозволяє відновлювати ґрунти, інтегрувати тваринництво з лісництвом й забезпечити стійкість до посух, повеней та інших кліматичних ризиків. Упорядковані ланцюги постачання (УЛП) в цьому випадку виступають вже як інституційна рамка для масштабування сталих практик, об'єднання фермерів у кооперативи, залучення технологій та формування екосистеми, здатної підтримувати біорізноманіття, продовольчу безпеку та соціальну інклюзію.

Процес зміни спеціалізації за моделлю УЛП - це поетапний процес, що вимагає стратегічного планування. Першим етапом виступає аналіз поточного ланцюга постачань, що здійснюється за допомогою таких інструментів, як SCOR-модель (Supply Chain Operations Reference). Ця модель розроблена APICS/ASCM для опису, вимірювання та вдосконалення процесів ланцюга постачань.

Модель SCOR має багаторівневу структуру:

Рівень 1 - стратегічний: охоплює всі ключові етапи руху матеріальних, інформаційних та фінансових потоків від постачальників до кінцевих споживачів. Його структура базується на шести інтегрованих процесах: Plan (планування), Source (постачання), Make (виробництво), Deliver (доставка) та Return (повернення), а також Enable (підтримка), які взаємодіють у єдиній системі, формуючи замкнутий цикл управління.

Процес Plan (планування) забезпечує стратегічне та тактичне узгодження всіх елементів ланцюга постачань з метою збалансування попиту й пропозиції. Його сутність полягає у прогнозуванні потреб клієнтів, оцінюванні ресурсних можливостей підприємства та визначенні оптимальних планів постачань, виробництва та дистрибуції. У межах цього процесу формується аналітична база для прийняття рішень, враховуючи як внутрішні, так і зовнішні фактори: коливання попиту, сезонність, зміни у вартості ресурсів, фінансові обмеження та регуляторні вимоги.

Планування також включає збір та аналіз даних про попит, балансування запасів, потужностей й транспортних можливостей , формування бізнес-правил для оцінки ефективності роботи ланцюга постачань. Крім того, у процесі Plan здійснюється синхронізація планів з корпоративними стратегічними та фінансовими цілями. Серед типових підпроцесів цього етапу можна назвати планування джерел постачання, виробництва та доставки, а також оцінку ризиків й варіантів сценарного розвитку подій.

Процес Source (Постачання) охоплює всі дії, пов’язані з отриманням необхідних матеріалів, компонентів або послуг для забезпечення виробничих і дистрибуційних потреб компанії. Основна мета цього процесу - забезпечити безперервність та надійність постачань за оптимальними витратами, не порушуючи вимог до якості та термінів.

У межах процесу відбувається управління мережею постачальників, укладання контрактів, контроль виконання зобов'язань, планування доставок й логістики приймання. Після отримання матеріалів здійснюється перевірка якості, верифікація відповідності, облік у системі управління запасами та авторизація платежів постачальникам. Додатково включається управління ризиками постачань і аналіз їхньої стабільності. До цього процесу належать підпроцеси, такі як постачання запасів, постачання на замовлення чи постачання для інженерних проектів, а також верифікація продуктів та адміністрування контрактів.

Процес Make (Виробництво) охоплює перетворення вхідних матеріалів та компонентів у готову продукцію, готову до відвантаження клієнтові. Його структура базується на обраній стратегії виробництва: на запас (make-to-stock), на замовлення (make-to-order) або на інженерне замовлення (engineer-to-order). Цей процес включає управління виробничими потужностями, планування операцій, контроль якості, пакування, тестування, підготовку до доставки та випуск продукції.

У процесі виробництва важливо дотримуватися стандартів ефективності використання обладнання, ресурсів, енергії та часу. Також Make інтегрує управління інженерними змінами, обробку відходів, технічне обслуговування устаткування та взаємодію між виробничими підрозділами. До його підпроцесів належать виробництво на запас, на замовлення та на інженерне замовлення, які деталізуються подальшими кроками контролю, тестування та випуску продукції.

Процес Deliver (Доставка) охоплює управління виконанням замовлень клієнтів, починаючи з моменту їх отримання до моменту фактичної доставки та виставлення рахунку. Його головна мета - забезпечити своєчасне, точне й

ефективне виконання замовлень при мінімальних логістичних витратах.

Deliver включає обробку замовлень (перевірку, валідацію, резервування запасів), управління складськими операціями, пакуванням, транспортуванням та дистрибуцією. Крім того, у цьому процесі здійснюється інвойсинг, управління готовими запасами, координація транспортних мереж, митне оформлення, експортно-імпортні процедури та післяпродажна взаємодія з клієнтами. Серед прикладів підпроцесів - доставка запасів, доставка на замовлення і доставка на інженерне замовлення, які визначають рівень гнучкості та швидкодії постачальницько-збутової системи.

Процес Return (Повернення) відповідає за управління зворотними потоками продукції - як від клієнтів, так і до постачальників. Він охоплює повернення товарів через дефекти, надлишки, застарілість або для переробки, а також процедури технічного обслуговування (MRO — Maintenance, Repair, and Overhaul).

Основна мета процесу - забезпечити ефективну, економічно виправдану і екологічно безпечну обробку повернень, підтримуючи при цьому високий рівень сервісу. Процес включає авторизацію повернення, планування транспорту, приймання й перевірку товарів, їх класифікацію за станом, прийняття рішень щодо повторного використання, ремонту, утилізації або списання. У межах SCOR виділяють підпроцеси повернення дефектних продуктів, повернення надлишків та повернення у межах MRO, які відрізняються типом ініціатора та логістичним маршрутом зворотного потоку.

Процес Enable (Підтримка) є опорним для всіх інших процесів SCOR і забезпечує їхню стабільну, інтегровану та безпечну роботу. Його основна функція - створення умов для ефективного управління ресурсами, інформаційними потоками, технологіями, бізнес-правилами та персоналом.

У цьому процесі формується система управління даними, контрактами, ризиками, регуляторними вимогами та корпоративною відповідальністю. Enable включає розробку політик, стандартів, систем управління якістю, планування продажів і операцій (S&OP), розвиток мереж партнерів, управління IT-інфраструктурою, навчання та сертифікацію персоналу. Він також охоплює моніторинг ризиків і впровадження стратегій стійкості ланцюга постачань. Прикладами підпроцесів є управління даними, мережевою інфраструктурою, ризиками та технологіями, які створюють основу для прозорості, адаптивності та цифровізації ланцюгів постачань. [152,153]

Рівень 2 - тактичний: деталізує типи процесів (наприклад, постачання на запас, постачання на замовлення, аутсорсинг, інтервальні поставки, тощо.).

Рівень 3 - операційний: описує конкретні дії, ролі та завдання, які виконуються в межах кожного процесу. Це можуть бути, наприклад, створення плану закупівель, контроль якості продукції, управління транспортом.

Рівень 4 – внутрішньоорганізаційний : не є частиною стандарту SCOR, але передбачає адаптацію моделі до специфіки конкретного агропідприємства. Тут визначаються локальні процедури, IT-рішення, кадрові політики, що забезпечують реалізацію SCOR у реальному середовищі.

Окрім процесної структури, модель SCOR передбачає наявність трьох ключових елементів підтримки: системи метрик (Performance Metrics), найкращих практик (Best Practices) та моделі компетенцій (Skills Model). Їх поєднання забезпечує не лише опис процесів, але й комплексну оцінку ефективності, зрілості та стійкості ланцюга постачань у динамічному середовищі.

Система метрик SCOR дозволяє кількісно вимірювати результативність ланцюга постачань за п’ятьма стратегічними вимірами: надійністю (Reliability), гнучкістю/адаптивністю

(Agility), швидкістю (Responsiveness), витратами (Cost) та ефективністю активів (Asset Management Efficiency). Кожен з вимірів має набір показників різних рівнів - від стратегічних до операційних.

Найкращі практики (Best Practices) описують перевірені методи управління, які забезпечують найвищі результати для певних процесів SCOR. Вони охоплюють інноваційні технології, методики управління запасами, цифрові інструменти планування, підходи до ризик-менеджменту, моделі інтеграції постачальників та системи зворотного зв'язку з клієнтами. Використання таких практик дозволяє підприємствам підвищувати конкурентоспроможність і скорочувати втрати за рахунок оптимізації ключових операцій - від закупівель та виробництва до дистрибуції та повернень.

Модель компетенцій (Skills Model) у SCOR визначає набір професійних знань, навичок і поведінкових характеристик, необхідних для виконання кожного процесу ланцюга постачань. Вона використовується для навчання персоналу, формування команд і планування кар'єрного розвитку. Цей компонент забезпечує гармонізацію людського капіталу з процесною структурою підприємства, сприяючи сталому підвищенню його організаційної зрілості.

У сукупності зазначені елементи дають змогу проводити не лише діагностику проблем, але й інтегрувати управління ризиками у загальну архітектуру ланцюга постачань. Такий підхід підвищує його стійкість (resilience) у нестабільному середовищі, де коливання попиту, перебої з логістикою чи геополітичні ризики можуть суттєво впливати на результат.

Практичним підтвердженням цього є кейс виробництва козячого молока у Східній Яві (Індонезія) [154], де застосування моделі SCOR дозволило системно розподілити ризики між процесами ланцюга. Аналіз виявив найбільші вразливості у процесах Source (постачання кормів) та Deliver

(дистрибуція продукції), що зумовлювало перебої у виконанні замовлень та зростання витрат. Після впровадження рекомендацій SCOR - стандартизації взаємодії з постачальниками, диверсифікації джерел кормів та оптимізації логістичних маршрутів - рівень ризику був суттєво знижений, а показники надійності постачань покращилися.

Подібні підходи мають високу актуальність для українських фермерських господарств, особливо в умовах воєнних викликів, коли стабільність та безперервність постачань залежать від здатності системи швидко реагувати на зовнішні загрози.

Наступним етапом є формування рішення щодо нової спеціалізації аграрного підприємства на основі результатів аналізу поточного ланцюга постачань, у поєднанні з оцінкою зовнішніх ринкових тенденцій та внутрішніх ресурсних можливостей. Воно базується як на зовнішніх ринкових трендах (наприклад, зростання попиту на рослинні альтернативи м'ясу, органічну молочну продукцію чи дієтичне птахівництво), так і на внутрішніх можливостях підприємства - наявності земельних ресурсів, кадрового потенціалу, доступу до фінансування.

У цьому контексті особливого значення набуває застосування інструментів прогнозування , зокрема штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН), які дають змогу моделювати сценарії попиту, оцінювати ризики та визначати оптимальні точки входу на перспективні ринки. Водночас ШІ відіграє ключову роль у екологічному плануванні, зокрема у прогнозуванні викидів парникових газів (ПГ) у ланцюгах постачань тваринництва.

Дослідження Баха М. Мохсена та Мохамада Мохсена [155] демонструє ефективність моделей МН для оцінювання викидів метану (CH_4) та оксиду азоту (N_2O), що утворюються внаслідок управління гноєм. Аналіз важливості ознак визначив тип тварин, систему управління гноєм та густоту

популяції як ключові фактори впливу. Це відкриває можливості для інтеграції екологічних моделей у цифрові агроплатформи, підтримки прийняття рішень у реальному часі та розробки адаптивних стратегій сталого розвитку.

Загалом, стратегічне рішення щодо нової спеціалізації має ґрунтуватися на синтезі даних, технологічній адаптації та екологічній відповідальності, забезпечуючи підприємству конкурентну перевагу й стійкість у післявоєнному середовищі.

Подальший етап передбачає перебудову самого ланцюга постачань. На upstream - рівні це може означати зміну постачальників - наприклад, перехід від зернових кормів для свиней до трав'яних пасовищ для великої рогатої худоби або закупівлю спеціалізованих добавок для птахівництва, що дозволяє зменшити витрати на корми та підвищити стійкість виробництва до кліматичних змін.

На рівні ферми доцільним є реконструкція виробничої інфраструктури, перепрофілювання приміщень, підготовка персоналу до нових технологій, а також впровадження систем моніторингу здоров'я тварин на базі Інтернету речей (IoT). Згідно із систематичним оглядом застосування IoT у тваринництві [156], використання сенсорів для контролю здоров'я, локації та управління фермою суттєво полегшує перехід до нових спеціалізацій, зокрема органічного птахівництва.

Downstream - компонент передбачає пошук нових партнерів для переробки та дистрибуції, а в окремих випадках - вертикальну інтеграцію, тобто придбання або створення власних забійних цехів , молочних ліній чи пакувальних потужностей. Дослідження Teimoury E., Jabbarzadeh A., Babaei M. [157] демонструє ефективність вертикальної інтеграції стратегічних (локації, ринки, потужності) та тактичних (період вирощування, обсяг, комбінація продуктів) рішень. Унікальна авторська модель, реалізована через fuzzy goal programming,

перевершує послідовні методи за показниками прибутковості, гнучкості та зниженням смертності худоби.

Отже, перебудова ланцюга постачання має бути спрямована на підвищення його ефективності, адаптивності та стійкості, що відповідає сучасним ринковим трендам, зокрема зростанню попиту на екологічно чисту й етичну продукцію.

Ключовим етапом в управлінні ланцюгами постачань у тваринництві є інтеграція та цифровізація. Впровадження ERP-систем (Enterprise Resource Planning) дозволяє синхронізувати інформаційні потоки між усіма учасниками ланцюга - від постачальників ресурсів до кінцевих споживачів. Це забезпечує прозорість процесів, автоматизацію управління запасами, контрактами, логістикою та фінансами. У результаті скорочується час від виробництва до реалізації на 30%, підвищується точність планування, знижуються ризики втрат та покращується загальна ефективність бізнесу.

Вибір ERP-рішення для аграрного сектору вимагає врахування кількох критичних факторів. Насамперед потрібно чітко визначити бізнес-вимоги: розуміння стратегічних цілей підприємства допомагає підібрати систему, що відповідає його специфіці - чи то молочне скотарство, чи птахівництво, чи змішане виробництво. Важливим є також користувацький досвід: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс сприяє швидкому освоєнню системи персоналом і знижує витрати на навчання. [158]

Інтеграційна здатність ERP-системи має першочергове значення: вона повинна безперешкодно взаємодіяти з наявними інструментами - бухгалтерськими програмами, IoT-платформами, системами моніторингу здоров'я тварин, логістичними модулями. Особливу увагу слід приділити технології розробки: хмарні рішення забезпечують гнучкий доступ, масштабованість та просте обслуговування, що є особливо важливим для фермерів у регіонах з обмеженою IT-

інфраструктурою. ERP-рішення з можливістю тестового періоду та налаштування під потреби підприємства дозволяють перевірити функціональність перед повноцінним впровадженням, що мінімізує ризики невідповідності. Водночас система має бути фінансово доступною, але функціонально повною, щоб забезпечити максимальну віддачу від інвестицій. [158]

Інтеграція ERP у сільське господарство відкриває доступ до великого масиву даних, які можна аналізувати для виявлення тенденцій, прогнозування результатів і вдосконалення операційної діяльності. Поєднання ERP з IoT-інструментами забезпечує оперативний доступ до інформації про погодні умови, стан ґрунтів, здоров'я тварин і посівів. Це дозволяє агровиробникам активно реагувати на виклики, зменшувати ризики, пов'язані з кліматичними змінами, епідеміями чи логістичними збоями, і формувати стійкі, адаптивні моделі управління.

Завершальним етапом є постійний моніторинг і коригування. Визначаються ключові показники ефективності (KPI), такі як рентабельність, рівень відходів, задоволеність клієнтів, стабільність поставок, екологічна ефективність. У тваринництві KPI включають метрики продуктивності (зростання тварин, смертність), фінансові (ROI на активи) та стійкості (викиди GHG, використання води). На основі цих даних аграрне підприємство здійснює адаптацію стратегії, коригує операційні процеси та вдосконалює взаємодію з партнерами. [159]

Таким чином, зміна спеціалізації в тваринництві за моделлю управління ланцюгами постачань (УЛП) - це не просто реакція на ринкові коливання, а проактивна стратегія розвитку, яка дозволяє агропідприємствам адаптуватися до нестабільного середовища, формувати нові конкурентні переваги та інтегруватися в глобальні стійкі системи. У контексті трансформації ланцюгів тваринництва дедалі

більше уваги приділяється соціально-економічним аспектам - зменшенню екологічного впливу, підвищенню інклюзивності та переходу до сталих моделей виробництва. Проте, попри стратегічні переваги, процес зміни спеціалізації супроводжується низкою викликів, які потребують комплексного, міждисциплінарного підходу.

Найгострішим викликом для аграрних підприємств, що прагнуть змінити спеціалізацію у межах тваринницького виробництва, є фінансовий бар'єр. Перехід від одного напряму до іншого - наприклад, від м'ясного скотарства до птахівництва чи молочного виробництва - вимагає значних капіталовкладень. Йдеться не лише про оновлення інфраструктури, реконструкцію приміщень та закупівлю нового обладнання, а й про придбання якісного генетичного матеріалу, модернізацію технологій утримання тварин, запровадження цифрових систем моніторингу та управління виробництвом. Для малих та середніх господарств такі інвестиції стають майже непосильними, особливо в умовах воєнних дій в Україні, які суттєво підвищили ризики ведення агробізнесу. Обстріли сільськогосподарських угідь, руйнування зерносховищ, тваринницьких комплексів і логістичних об'єктів, а також дефіцит пального, добрив і засобів захисту рослин створюють додаткове навантаження на виробників. За оцінками, сукупні економічні збитки у секторі тваринництва перевищили 785,6 млн євро за регіональними цінами [160], що робить фінансову трансформацію галузі майже неможливою без зовнішньої підтримки - грантів, пільгових кредитів, державних субсидій або кооперативних моделей розвитку.

Водночас ринкова невизначеність посилює економічні ризики. Попит на продукцію тваринного походження дедалі більше залежить від глобальних тенденцій та споживчих уподобань, які швидко змінюються. Зростання популярності веганства, поширення рослинних альтернатив м'яса та

молока, розвиток кліматично нейтральних продуктів формують нову структуру світового попиту. За прогнозами, ринок альтернативного м'яса може зрости з 4,2 млрд до 74 млрд доларів США протягом наступного десятиліття [161], що потенційно скоротить частку традиційного тваринництва. Водночас геополітичні чинники - насамперед військові дії, руйнування логістичних ланцюгів й зменшення експорту зернових та м'ясних продуктів - порушують стабільність зовнішніх ринків. Це змушує агропідприємства бути гнучкими, швидко переорієнтовуватися на внутрішній ринок, диверсифікувати асортимент та адаптувати маркетингові стратегії.

Суттєвою перешкодою залишаються регуляторні бар'єри, що виникають у процесі зміни спеціалізації. Отримання нових дозволів, ветеринарних та санітарних сертифікатів, ліцензій на виробництво й експорт вимагає часу, фінансів й глибокого знання нормативної бази. Для аграрних підприємств, які орієнтуються на експорт, особливо важливим є дотримання європейських стандартів якості та безпечності харчових продуктів. Зокрема, для постачання продукції тваринного походження до ЄС необхідна реєстрація у системі TRACES, що забезпечує простежуваність походження та контроль відповідності санітарним вимогам. Впровадження цих процедур передбачає модернізацію виробництва, впровадження системи управління якістю (HACCP, ISO 22000), а також підвищення рівня прозорості внутрішніх процесів, що часто є складним для малих тваринницьких господарств.

Не менш важливим чинником трансформації є людський фактор. Перехід до нової спеціалізації вимагає не лише технічних змін, а й адаптації персоналу до нових умов праці, технологій та стандартів. Працівники часто чинять опір змінам, особливо якщо відчувають невпевненість у власній кваліфікації або перспективах зайнятості. Систематичні

дослідження свідчать, що опір змінам в агрохарчових системах має три взаємопов'язані домени — культурний, економічний і соціальний. Для подолання цих бар'єрів необхідні програми перепідготовки кадрів, інвестиції у підвищення кваліфікації, формування культури відкритості до інновацій, а також розвиток ефективної системи внутрішньої комунікації. [162] Впровадження сучасних управлінських підходів та мотиваційних механізмів сприяє тому, щоб працівники сприймали зміни не як загрозу, а як можливість професійного зростання.

Окремим й все більш значущим є екологічний вимір трансформації. Перехід до інтенсивного тваринництва, якщо він не супроводжується впровадженням сталих практик, може посилити екологічний тиск - підвищити рівень викидів парникових газів, спричинити забруднення ґрунтів і вод, посилити деградацію земель. Промислові форми тваринництва часто стають об'єктом критики через етичні та екологічні наслідки своєї діяльності. Тому агропідприємства, які прагнуть довгострокової конкурентоспроможності, мають інтегрувати принципи сталого розвитку: впроваджувати органічне виробництво, енергоефективні технології, замкнені цикли ресурсів, системи біобезпеки та утилізації відходів. Екологічні витрати вимірюються не лише у фінансовому аспекті, а й у пошкодженні природних екосистем — ерозії земель, виснаженні водних ресурсів, скороченні біорізноманіття. Етичний вимір передбачає також зменшення шкоди тваринам та впровадження гуманних практик у тваринницькому виробництві [163].

Таким чином, сукупність фінансових, ринкових, регуляторних, соціально-організаційних та екологічних викликів формує складний контекст трансформації тваринницької галузі України. Проте ці виклики не слід розглядати як непереборні перешкоди - вони є точками стратегічного фокусування. Концепція управління ланцюгами

постачань (УЛП) створює можливість системно інтегрувати різні аспекти розвитку, забезпечуючи баланс між фінансовою стійкістю, ринковою гнучкістю, нормативною відповідністю, розвитком людського капіталу та екологічною відповідальністю. Такий підхід сприяє не лише зміні спеціалізації, а й глибшій трансформації підприємств у сучасні, стійкі та конкурентоспроможні агрологістичні системи, здатні ефективно функціонувати в умовах динамічного глобального ринку.

4.2 Вплив змін товарної спеціалізації аграрних господарств на управління ланцюгом постачань у тваринництві

Пре-забійний ланцюг постачань у тваринництві є комплексним процесом, що охоплює всі етапи від вирощування тварини до її забою на переробному підприємстві, відіграючи ключову роль у забезпеченні якості, безпеки та економічної ефективності м’ясної продукції. Цей ланцюг не лише впливає на кінцеві характеристики м'яса, такі як колір, текстура, водозв'язуюча здатність та мікробіологічна стабільність, але й безпосередньо пов'язаний з аспектами добробуту тварин (animal welfare), що є вимогою сучасних міжнародних стандартів, таких як рекомендації FAO та OIE. Недотримання норм на будь-якому етапі може призвести до значних втрат, включаючи зниження якості м'яса через стрес, травми чи забруднення, що в підсумку впливає на споживчі властивості продукції та фінансові показники підприємств. [164]

Першим етапом цього ланцюга є виробництво та відгодівля, що передбачає вирощування здорових тварин до необхідних кондицій - відповідної ваги, віку та фізіологічного стану, з акцентом на збалансовану годівлю, належний догляд,

ветеринарне обслуговування та дотримання санітарно-гігієнічних норм утримання. На фермах та тваринницьких комплексах з відгодівлі важливо забезпечити комфортні умови, включаючи оптимальну вентиляцію, освітлення, щільність посадки , чистоту приміщень та регулярне прибирання, щоб запобігти поширенню інфекцій. Постійний моніторинг здоров'я, включаючи вакцинацію та контроль за приростом ваги, дозволяє своєчасно виявляти відхилення, такі як респіраторні захворювання чи паразитарні інвазії, та вживати заходів, наприклад, коригування раціону для оптимізації перетравлювання поживних речовин. Порушення на цьому етапі, як-от перегодівля чи недостатнє харчування, можуть спричинити хронічний стрес, що згодом вплине на якість м'яса, викликаючи дефекти на кшталт DFD(Dark, Firm, Dry - темне, тверде, сухе м'ясо) через вичерпання глікогену в м'язах. [165]

Наступний крок - це формування партій та підготовка до транспортування, де тварин відбирають за однорідними ознаками - вагою, віком, станом здоров'я та породою - для формування товарних партій, що полегшує подальшу логістику, обробку та рівномірність забою. Проводиться ветеринарний огляд для виявлення хворих чи травмованих тварин, оформлюються супровідні документи, включаючи ветеринарні довідки про стан здоров'я, походження та відсутність заборонених речовин (наприклад, антибіотиків понад норму). Важливо мінімізувати стрес під час розподілу : тварин не слід змішувати з незнайомими особинами, оскільки це може спровокувати агресію та травми ; також потрібно дотримуватися тиші, уникати різких рухів, електричних подразників чи собак для переміщення, а використовувати м'які методи, як-от харчові приманки чи акустичні сигнали. За рекомендаціями ЄС, передтранспортний період включає голодування (fasting) на 12-18 годин для зменшення вмісту

кишківника, але з доступом до води, щоб уникнути зневоднення та стресу. [165]

Транспортування - найважливіший етап, який має бути організований із суворим дотриманням норм добробуту тварин, оскільки неправильне перевезення є однією з основних причин стресу, травм та смертності. Перевезення здійснюється спеціалізованими транспортними засобами з регульованою вентиляцією, температурою (ідеально 5 - 25°C залежно від виду тварини) та щільністю посадки (наприклад, 235 кг/м² для великої рогатої худоби вагою 500 кг). Тривалість транспортування має бути мінімальною — не більше 8 годин для коротких поїздок, з обов'язковими зупинками для відпочинку кожні 4-8 годин на довших маршрутах; тварини повинні мати доступ до води кожні 4-6 годин та, за потреби, корму. [166]

Найкращі практики включають використання неслизьких підлог, бар'єрів для розділення груп, уникнення екстремальних погодних умов (наприклад, не транспортувати під час спеки понад 30°C чи морозу нижче -5°C) та навчання водіїв принципам гуманного поводження. Неправильне транспортування може призвести до травм (синці, переломи), зниження якості м’яса через гострий стрес, що викликає PSE (Pale, Soft, Exudative - бліде, м’яке, водянисте м'ясо) з низьким pH та високою втратою вологи, а також до поширення патогенів через забруднення. [166]

Передзабійна витримка - це період відпочинку тварин після транспортування, який зазвичай триває від 12 до 24 годин (до 48 годин для далеких перевезень), спрямований на відновлення фізіологічного стану та зменшення рівня кортизолу. Тварини розміщуються у спеціальних загонах з доступом до чистої води (але без корму, щоб уникнути забруднення туш), у спокійній обстановці з низьким рівнем шуму, достатнім освітленням та вентиляцією, що сприяє нормалізації метаболізму та поповненню запасів глікогену в

м'язах. Цей етап критично важливий для запобігання дефектам м'яса: хронічний стрес призводить до DFD з високим pH (>6.0), що робить м'ясо темним, сухим та схильним до мікробіологічного псування, тоді як гострий стрес — до PSE з низьким pH (<5.4), що викликає блідість, м'якість та втрату соку. За даними досліджень, оптимальна витримка може зменшити втрати ваги на 1-2% та покращити технологічні властивості м'яса для подальшої переробки. [167]

Завершальним етапом ланцюга постачань у м’ясному скотарстві є передзабійний ветеринарний огляд, під час якого державні або акредитовані фахівці оцінюють стан здоров’я тварин, перевіряють супровідні документи, виявляють ознаки хвороб (лихоманку, кашель, діарею), травм чи наявність залишків ветеринарних препаратів, а також приймають рішення щодо допуску тварин до забою. Особини з підозрою на захворювання чи інфекції відсторонюються або направляються на окрему обробку, що гарантує безпечність кінцевої продукції для споживача та відповідність державним гігієнічним вимогам.

Ефективне управління пре-забійним ланцюгом постачань дає змогу не лише забезпечити високу якість та безпечність м’яса, а й оптимізувати виробничі витрати, мінімізувати втрати (зокрема, до 5–10% живої маси через стрес), підвищити конкурентоспроможність аграрного підприємства та сприяти його стійкому розвитку. Наукові дослідження свідчать, що застосування низько-стресових методів поводження з тваринами може покращити якість м’яса на 15–20%, зменшити частоту утворення синців й ризики мікробного забруднення. Це також підкреслює важливість системного навчання персоналу, інвестицій у сучасне обладнання та постійного моніторингу всіх етапів технологічного процесу [168].

Одним із найвагоміших зовнішніх чинників, що впливають на ефективність управління пре-забійним

ланцюгом постачань, є зміна товарної спеціалізації тваринницьких господарств. Ці зміни переважно зумовлені адаптацією до динаміки споживчого попиту - зокрема, підвищенням інтересу до м'яса птиці та свинини, які залишаються основними джерелами тваринного білка для українського населення. Водночас на трансформацію структури виробництва істотно впливають воєнні дії, земельна реформа, зростання цін на яловичину та зниження купівельної спроможності населення, що стимулює перехід до більш доступних видів м'яса.

Крім того, інтеграція України до європейського ринку та розширення експортних можливостей (наприклад, постачання м'яса птиці до країн ЄС та Близького Сходу) спонукають аграріїв переорієнтовувати виробництво на ті види тваринництва, які відповідають міжнародним стандартам безпечності та характеризуються коротшими виробничими циклами. Такі структурні трансформації безпосередньо позначаються на організації пре-забійного ланцюга постачань, впливаючи як на логістичні схеми, так і на систему управління виробничими процесами. Унаслідок цього змінюються вимоги до інфраструктури, координації між учасниками ланцюга та використання технологій. Основні напрями впливу трансформації товарної спеціалізації на пре-забійний ланцюг постачань можна окреслити так:

1. Зміна обсягів та структури тваринницького виробництва.

Товарна спеціалізація аграрних господарств в Україні, зокрема перехід до птахівництва, є одним із основних трендів розвитку агропромислового комплексу (АПК). Птахівництво, як один з найдинамічніших секторів, забезпечує не тільки внутрішній ринок м'яса та яєць, але й має високий експортний потенціал. За даними BDO в Україні, у 2024–2025 роках сектор демонструє стійке відновлення після викликів, спричинених воєнним станом. Основна увага приділяється підвищенню

ефективності виробництва, енергозбереженню та інтеграції у глобальні ланцюги постачань. [169] Цей перехід призводить до збільшення обсягів вирощування птиці, що має прямий вплив на пре-забійний ланцюг постачань - від вирощування до транспортування та підготовки до забою.

a. Зростання виробництва птиці супроводжується збільшенням кількості партій, що надходять на забій, та скороченням виробничого циклу (бройлери досягають забійної кондиції за 6–7 тижнів). Це створює високе навантаження на забійні підприємства, які повинні мати високу пропускну здатність , автоматизовані лінії, системи охолодження та сортування. Як зазначає Асоціація «Союз птахівників України», модернізація забійних потужностей є особливо важливою в умовах військового стану , коли логістика ускладнена, а внутрішній попит залишається нестабільним. Військові лії також загострили низку викликів: енергетичні відключення суттєво знижують продуктивність, а нестача робочої сили стимулює потребу в подальшій автоматизації процесів. [170]

b. Інфраструктура для передзабійної витримки птиці також потребує адаптації до сучасних умов виробництва. Птиця є надзвичайно чутливою до стресових факторів, тому утримання перед забоєм повинно здійснюватися у спеціально обладнаних загонах із контрольованим мікрокліматом, системами вентиляції, освітлення та забезпечення доступу до води. Високий оборот партій у птахівництві зумовлює необхідність оперативної обробки поголів'я та мінімізації часу передзабійної витримки, оскільки її подовження може призвести до зниження якості м'яса.

В умовах воєнного часу ці процеси ускладнюються: порушення логістичних ланцюгів збільшують тривалість транспортування та витримки, що, за оцінками галузевих експертів, призводить до втрат живої ваги птиці на 5–10%. Це підкреслює важливість удосконалення системи управління

передзабійною підготовкою та створення резервних інфраструктурних потужностей поблизу місць вирощування. [171]

c. У логістичному аспекті транспортування птиці вимагає використання спеціалізованих транспортних засобів, здатних забезпечити належну щільність посадки, ефективну вентиляцію та стабільний температурний режим. Згідно з аналітичними прогнозами BDO в Україні, оптимізація логістичних маршрутів та впровадження цифрових систем моніторингу (зокрема, IoT-датчиків) сприяють зменшенню втрат, покращенню умов утримання (animal welfare) та підвищенню відповідності міжнародним стандартам транспортування живої птиці. [169]

d. Паралельно відбувається структурна трансформація виробництва: перехід від дрібних фермерських господарств до великих інтегрованих агропромислових комплексів змінює модель постачання. Зменшується кількість постачальників, натомість зростають обсяги партій, що надходять централізовано. Це потребує перебудови логістичних ланцюгів, посилення інтеграції між вирощувальними та переробними підприємствами, а також удосконалення систем управління пре-забійними процесами.

За даними FAO, в Україні співіснують два типи виробників: малі ферми з обмеженими земельними ресурсами та великі агрохолдинги, які контролюють близько 90% виробництва м’яса птиці. Війна посилила цей дуалізм: малі виробники втратили 20–30% потужностей через руйнування та обмежений доступ до ресурсів, тоді як великі підприємства продемонстрували відносно швидке відновлення завдяки диверсифікації логістики, фінансовій стійкості та підтримці міжнародних партнерів. [172]

2. Порушення усталених логістичних маршрутів.

Зміни напрямків діяльності аграрних господарств, хоча й є економічно обґрунтованими в умовах сучасної ринкової

кон'юнктури та трансформацій аграрного сектору, водночас супроводжуються значними логістичними, організаційними й екологічними наслідками. Такі перетворення впливають на структуру постачань, взаємовідносини між учасниками ланцюгів доданої вартості, ефективність використання ресурсів та екологічну безпеку територій. Розглянемо основні аспекти цих впливів :

а. Втрати традиційних каналів постачання.

Аграрні господарства, які протягом багатьох років формували стабільні партнерські відносини із забійними підприємствами, транспортними компаніями, ветеринарними службами та постачальниками комбікормів, при зміні напрямку спеціалізації часто втрачають ці зв'язки. Перехід, наприклад, із розведення великої рогатої худоби до свинарства або птахівництва змінює вимоги до логістики: раніше актуальний великогабаритний транспорт, що використовувався для перевезення ВРХ, стає непотрібним, а замість нього виникає потреба у спеціалізованих засобах для транспортування свиней чи птиці. Це спричиняє пошук нових логістичних партнерів, формування нових договірних відносин, адаптацію маршрутів та режимів перевезення.

З економічної точки зору , при зростанні виробництва у свинарстві в 2024–2025 роках, така трансформація призвела до збільшення витрат на 20–30% через дефіцит відповідного транспорту, техніки для завантаження та розвантаження, а також через підвищення тарифів на перевезення тварин, що мають вищі вимоги до умов утримання.

З екологічного боку, розрив сталих виробничих зв'язків спричинив порушення у системі поводження з відходами, зокрема з гноєм чи послідом. У випадку свинарства накопичення відходів без належної утилізації створює загрозу забруднення ґрунтів та водних об'єктів нітратами та фосфатами. В умовах кліматичних змін, що посилюють

гідрологічні коливання та частоту посух , це загострює ризики деградації ґрунтів й втрати їх продуктивності. [173]

b. Потреба у нових партнерствах .

Зміна виду тваринництва потребує не лише нових технологій, а й формування нової мережі партнерських зв'язків. Кожен вид виробництва вимагає спеціалізованих забійних підприємств, які мають відповідне обладнання, сертифікацію та дотримуються норм біобезпеки. Так, свинарство потребує забійних цехів із посиленими вимогами до ізоляції, вентиляції та санітарного контролю, тоді як для ВРХ важливими є наявність просторих приміщень для передзабійної витримки та механізмів гуманного поводження з тваринами. У західних областях України, де відчувається дефіцит виробничої інфраструктури та кваліфікованих кадрів через міграцію робочої сили, аграрії змушені шукати партнерів у центральних регіонах. Це збільшує відстані транспортування, що відповідно підвищує логістичні витрати та зменшує оперативність постачань.[174]

Економічно це означає збільшення витрат на сертифікацію та адаптацію виробництва - до 10% від загального бюджету господарства, проте така інтеграція відкриває доступ до нових ринків збуту, зокрема до експорту. Екологічно подовжені транспортні маршрути збільшують викиди CO_2, сприяють зростанню вуглецевого сліду продукції та знижують її екологічну стійкість. У воєнних умовах ризики додатково зростають через пошкодження інфраструктури, обмеження руху транспорту й спалахи епідемій серед тварин, викликані стресом при перевезеннях. [175]

c. Ускладнення планування транспортування.

Кожен вид тварин має власні біологічні й фізіологічні потреби під час транспортування. Наприклад, птиця дуже чутлива до коливань температури та вологості: при відсутності системи вентиляції або охолодження можливі втрати ваги на 5–10%, що безпосередньо впливає на кінцеву

собівартість продукції. Свині, своєю чергою, потребують індивідуальних перегородок, які знижують ризик травмування та агресивної поведінки під час перевезення. [176]

Ускладнює ситуацію й воєнний стан, який призводить до блокування окремих транспортних шляхів, нестачі пального, дефіциту водіїв та транспорту. Особливо це відчутно у східних регіонах, де зруйновано частину логістичної інфраструктури. Економічні втрати від цього зростають на 15–25%, а екологічно — через більші відстані перевезення та простої збільшуються викиди парникових газів. Крім того, стрес тварин у дорозі негативно позначається на якості м'яса, знижуючи його товарні властивості й термін зберігання. [177]

d. Проблеми з формуванням партій.

При зміні спеціалізації господарства часто не можуть забезпечити необхідний обсяг однорідної продукції. Для забійних підприємств це створює значні труднощі, адже вони працюють із партіями певного розміру та гомогенності. У випадку свинарства, наприклад, мінімальна партія становить близько 1000 голів, чого дрібні господарства після переходу до нової спеціалізації досягти не можуть. Це призводить до необхідності об'єднання декількох господарств у кооперативні структури або до затримок у графіку забою. Відповідно, виникають додаткові витрати на транспортування, утримання тварин у період очікування, охолодження чи годування. Економічно це збільшує витрати на 10–20% та знижує загальну ефективність виробництва на 15%. [175] В екологічному вимірі продовження часу утримання спричиняє більший обсяг відходів, навантаження на систему зберігання гною та підвищення ризику локального забруднення.

e. Передзабійна витримка під загрозою.

Цей етап має вирішальне значення для забезпечення якості м'яса. Після зміни спеціалізації тваринницькі господарства часто не мають відповідної інфраструктури для витримки тварин: приміщень із контрольованим

мікрокліматом, систем вентиляції, освітлення та дезінфекції. Птиця надзвичайно чутлива до шуму, вібрацій та перепадів температур, тоді як свині - до надмірної щільності посадки та відсутності зон для відпочинку. Якщо господарство не адаптувало виробничі потужності, виникає підвищений рівень стресу у тварин, що безпосередньо знижує якість м'яса, погіршує колір, консистенцію та здатність до зберігання. [178] Військовий стан посилює цю проблему, оскільки перевезення часто здійснюється у складних умовах - при нестабільній температурі, шумі, порушеннях графіків руху, що спричиняє додатковий стрес та збільшує економічні втрати виробників.

3. Зміна вимог до технологічного оснащення та цифровізації процесів.

У сучасних умовах трансформації аграрного сектору та переорієнтації товарної спеціалізації, пре-забійний ланцюг постачань набуває нових функціональних та технологічних характеристик. Зміни у структурі тваринницького виробництва, зростання ролі птахівництва, децентралізація логістичних маршрутів та необхідність адаптації до нестабільного середовища вимагають переосмислення традиційних підходів до управління ланцюгами постачань. У цьому контексті технологічне оснащення та цифровізація процесів стають не просто інструментами управління, а основними чинниками забезпечення стійкості, прозорості та адаптивності всієї системи.

а. Впровадження систем моніторингу в реальному часі вкрай важливе для сучасного тваринництва в Україні, особливо в умовах скорочення поголів'я та регіональних зрушень, де воно дозволяє відстежувати стан тварин, їх місцезнаходження, здоров'я та поведінку безперервно, мінімізуючи втрати від хвороб та логістичних проблем. RFID (радіочастотна ідентифікація) та IoT-сенсори (Інтернет речей) інтегруються в системи Precision Livestock Farming (PLF), де дані зібрані з датчиків, автоматично передаються у хмарні

сервіси, потім аналізуються за допомогою аналітичних алгоритмів й штучного інтелекту. Це забезпечує формування оперативних управлінських рішень у режимі реального часу.

RFID-мітки автоматизують ідентифікацію тварин, відстежують їх переміщення в межах ланцюга постачань і гарантують traceability - повну відстежуваність «від ферми до столу». Така система є вимогою більшості міжнародних стандартів ЄС. Практичні результати впровадження PLF включають зниження втрат від захворювань на 20–30%, оптимізацію годівлі, підвищення добробуту тварин й ефективності управління партіями. У хмарних IoT-рішеннях сенсори фіксують параметри здоров'я тварин - температуру тіла, рівень активності, споживання кормів, - що дозволяє виявляти відхилення на ранніх стадіях й запобігати спалахам хвороб. [179]

В Україні технології PLF упроваджуються через автоматизацію ферм, застосування IoT-сенсорів, штучного інтелекту та мобільних платформ. На молочних фермах уже використовуються роботизовані системи доїння, камери й датчики для моніторингу ваги, поведінки та споживання корму. Електронні нашийники з сенсорами біля поїлок забезпечують щоденний контроль стану тварин, а автоматизовані системи мікроклімату регулюють температуру й вологість приміщень. Такі рішення особливо поширені у Вінницькій і Запорізькій областях, де зосереджене сучасне молочне виробництво.

Серед актуальних прикладів цифрових інструментів - український додаток Modisar [180], що інтегрує функції управління стадом, моніторингу здоров'я та геолокації тварин. Платформа орієнтована переважно на малі та середні ферми, забезпечуючи доступ до аналітики без потреби у складному технічному забезпеченні. В умовах військового стану технології PLF відіграють додаткову роль - вони сприяють відновленню логістики та зменшенню втрат на деокупованих

територіях, забезпечуючи гнучкість та контроль в управлінських процесах. [181]

b. Автоматизація процесів передзабійної витримки та контролю біобезпеки. Автоматизація процесів передзабійної витримки - періоду утримання тварин перед забоєм, спрямованого на зменшення стресу та забезпечення високої якості м'яса - набуває особливого значення в умовах сучасних викликів для українського тваринництва. Військові дії підвищили ризики біологічної небезпеки та спричинили скорочення обсягів забою, що актуалізує впровадження роботизованих технологій у найважливіших операціях м'ясопереробки.

Роботизовані системи візуальної інспекції, миття тварин, розділення туш та евісцерації мінімізують контакт персоналу з потенційно забрудненими матеріалами, підвищуючи рівень гігієни та безпеки. Особливо це стосується птахівництва, де спостерігається зростання обсягів виробництва. Такі системи здатні виконувати лапаротомію (розтин черевної порожнини), первинну обробку туш та дебонінг (видалення кісток) із високою точністю, що знижує ймовірність контамінації та підвищує ефективність виробничих процесів.

Підвищення рівня біобезпеки досягається також через автоматизовані процедури двоетапного миття тварин рециркульованою водою, що суттєво зменшує мікробіологічне навантаження, особливо у свинарстві, де автоматизація компенсує дефіцит робочої сили. Роботизовані рішення для м'ясопереробки - від розділення туш до пакування та палетування - забезпечують відповідність міжнародним санітарним та ветеринарним вимогам. Загалом автоматизація не лише підвищує рівень біобезпеки, а й оптимізує виробничі процеси, скорочує обсяги відходів, підвищує економічну ефективність підприємств й сприяє наближенню галузі до стандартів ЄС.

c. Інтеграція цифрових платформ для координації між виробниками, логістами та забійними підприємствами.

Інтеграція цифрових платформ включає використання PLF (Precision Livestock Farming), біометричних сенсорів, систем великих даних (Big Data) та blockchain, які забезпечує можливість комплексного моніторингу, прогнозування й управління на всіх етапах виробничого циклу.

Такі платформи дозволяють фермерам та м'ясопереробним підприємствам отримувати холістичну аналітику про стан поголів'я, рівень стресу, споживання кормів та продуктивність, що сприяє прийняттю рішень на основі доказових даних. У птахівництві - найбільш динамічному секторі українського тваринництва - це особливо важливо для підтримки стабільного експорту м'яса птиці та відповідності міжнародним вимогам якості.

d. Аналітика даних та прогнозне управління в аграрних ланцюгах

Аналітика даних стає центральним елементом сучасного управління аграрними ланцюгами постачань, забезпечуючи можливість прогнозування навантаження на інфраструктуру - зокрема, на забійні потужності, склади та транспортні вузли - та оптимізації логістичних маршрутів у реальному часі. Використання технологій штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML) та Big Data в умовах економічної нестабільності та воєнного стану в Україні дозволяє підвищити адаптивність виробничих систем й забезпечити безперервність постачань.

AI- та ML-алгоритми оптимізують структуру ланцюгів постачань, роблячи управлінські рішення та сприяючи точнішому прогнозуванню попиту, автоматизації логістичних процесів й скороченню операційних витрат, особливо у птахівництві - секторі, де очікується подальше зростання обсягів виробництва. Використання Big Data забезпечує системну оптимізацію всього ланцюга - від ферми до ринку -

дозволяючи зменшити втрати та підвищити рентабельність тваринницьких підприємств. [182] Крім того, прогнозні моделі в харчовій переробці підвищують стабільність та ефективність виробництва, оптимізуючи енергоспоживання, логістику та використання сировини.

Аналітика логістичних даних в агробізнесі забезпечує відчутний економічний ефект - оптимізація маршрутів, потоків й запасів дає змогу скорочувати витрати на транспортування та зменшувати ризики втрат. Передові аналітичні системи прогнозують потенційні збої, такі як затримки транспорту, зупинки в роботі або порушення “холодного ланцюга”, що дуже важливо для забезпечення стабільності аграрних поставок в Україні.

4. Територіальна децентралізація виробництва.

Територіальна децентралізація виробництва у тваринництві спрямована на підвищення стійкості ланцюгів постачань, особливо в умовах зміни товарної спеціалізації аграрних господарств, що безпосередньо впливає на управління пре-забійним ланцюгом. Цей процес передбачає розподіл виробничих потужностей між регіонами з метою мінімізації ризиків, оптимізації логістики та адаптації до локальних умов - кліматичних, інфраструктурних чи ринкових.

Зміни у товарній спеціалізації підсилюють необхідність децентралізованого управління пре-забійним ланцюгом, у якому акцент зміщується на розвиток локальних хабів. Це дозволяє зменшити транспортні витрати та ризики, забезпечити гнучкість логістики, проте вимагає розробки нових моделей управління якістю продукції. Важливим елементом стає інтеграція відновлюваних джерел енергії у децентралізовані системи для підвищення ефективності виробництва та скорочення харчових втрат. У контексті кліматичних змін та воєнних ризиків децентралізація сприяє адаптації ланцюгів постачання тваринної продукції, оскільки зміна спеціалізації регіонів впливає на структуру кормової

бази, розміщення пасовищ та організацію пре-забійних процесів. [183]

a. Зміщення виробничих потужностей у регіони з нижчими ризиками або кращою логістичною доступністю.

Даний аспект децентралізації передбачає стратегічний перерозподіл ферм, переробних підприємств та забійних пунктів до регіонів із меншими геополітичними, воєнними, кліматичними або економічними ризиками. Враховується також наявність розвиненої інфраструктури для транспортування кормів, тварин та готової продукції.

У тваринництві, де зміни товарної спеціалізації впливають на пре-забійний ланцюг, така диверсифікація дозволяє зменшити залежність від централізованих хабів. За оцінками, це може скоротити логістичні витрати на 20–30% і водночас підвищити стійкість систем до шоків — пандемічних, кліматичних чи воєнних.

У регіонах, де відбувались військові дії, децентралізація сприяє зростанню продуктивності тваринництва завдяки кращому доступу до ресурсів й локалізації процесів, проте потребує адаптації пре-забійних процедур до нових масштабів та ринкових форматів. Глобальні дослідження стійкості продовольчих систем свідчать, що децентралізовані моделі краще витримують порушення, особливо коли спеціалізація тваринництва передбачає гнучкі пре-забійні ланцюги. Це також підтримує збереження пасторальних систем, покращуючи управління ресурсами та здоров'ям тварин [184].

b. Виникнення потреби у мобільних або модульних рішеннях для передзабійної витримки.

Передзабійна витримка є найважливішим етапом забезпечення якості м'яса, оскільки дає змогу знизити стрес у тварин. У децентралізованих умовах та за зміни спеціалізації зростає потреба у мобільних та модульних системах для проведення цього процесу безпосередньо на місці. Такі

рішення, як контейнерні установки або самодостатні модульні блоки, дозволяють здійснювати передзабійну витримку поблизу місця утримання тварин, зменшуючи транспортний стрес та логістичні витрати. Вони особливо ефективні для дрібних або географічно ізольованих фермерських господарств, що виробляють сегментовану продукцію. Мобільні системи інтегрують витримку в спеціалізовані ланцюги постачань, тоді як модульні комплекси можуть бути об'єднані в центральних процесингових хабах, пристосованих до регіональної спеціалізації [185].

c. Формування нових кластерів з урахуванням змін у спеціалізації регіонів

Формування нових аграрних кластерів є інституційною відповіддю на зміни у структурі виробництва. Такі кластери об'єднують підприємства різних рівнів - від фермерських господарств до переробних та логістичних центрів - для спільного використання ресурсів та підвищення ефективності.

У тваринництві кластери сприяють інтеграції пре-забійного управління у загальну структуру виробничо-збутового ланцюга. Сталий розвиток регіональних кластерів забезпечує зростання конкурентоспроможності м'ясного виробництва, оптимізує витрати та полегшує адаптацію до нової спеціалізації. Методологічні підходи до формування кластерно-інституційного простору вказують на важливість зв'язку між виробництвом та переробкою як ключового чинника формування нових кластерів з урахуванням змін у спеціалізації регіонів. [186]

d. Зростання ролі локальних кооперативів та агрологістичних хабів.

Локальні кооперативи й агрологістичні хаби стають важливими інструментами підтримки дрібних та середніх виробників у децентралізованих системах. Вони агрегують продукцію, координують логістику, забезпечують спільний

доступ до передзабійних потужностей та покращують вихід фермерів на локальні та регіональні ринки.

Кооперативні харчові хаби виступають ключовою ланкою між виробником та споживачем, підвищуючи ефективність маркетингу та стійкість місцевих продовольчих систем. Модель громадсько-орієнтованого агрохаба поєднує виробництво, переробку й збут, що дозволяє адаптувати пре-забійне управління до регіональної спеціалізації та зменшити втрати.

Розвиток кооперативного сектору в умовах децентралізації сприяє комерціалізації дрібного фермерства, забезпечуючи спільне використання ресурсів і покращуючи продовольчу безпеку [187].

5. Підвищення вимог до ветеринарного супроводу та контролю якості.

Територіальна децентралізація виробництва у тваринництві, зумовлена змінами товарної спеціалізації аграрних господарств (зокрема, зростанням частки птахівництва та скороченням великотоварного свинарства й ВРХ), ускладнює централізований ветеринарний контроль. У таких умовах зростають вимоги до гнучкості, цифровізації та мобільності ветеринарних послуг, що дозволяє забезпечити стабільний санітарно-епізоотичний стан та якість продукції на всіх етапах пре-забійного ланцюга постачань. Це відповідає рекомендаціям WOAH щодо належного поводження з тваринами під час транспортування та підготовки до забою. В умовах децентралізації важливого значення набуває посилення систем біобезпеки та комплаєнсу в дрібних та середніх господарствах, щоб запобігти спалахам хвороб й гарантувати безпеку харчових продуктів. [188]

а. Необхідність адаптації ветеринарних протоколів до нових темпів виробництва та логістичних схем.

Зміна виробничих ритмів унаслідок диверсифікації тваринництва потребує оновлення ветеринарних протоколів,

орієнтованих на децентралізовані, більш динамічні господарства. В умовах розосередженого розміщення ферм, мобільна ветеринарна логістика має забезпечувати швидке реагування на епізоотичні ризики через сучасні цифрові інструменти моніторингу та обліку (наприклад, системи GPS-відстеження, електронні паспорти тварин, дистанційна діагностика). [189]

Важливим напрямом стає впровадження інноваційних ветеринарних препаратів та вакцин, що не потребують холодового ланцюга, а також адаптація нормативної бази для оперативного реагування на зміни епізоотичної ситуації, особливо у районах, що будуть відновлюватися після закінчення там військових дій.

b. Посилення контролю за станом тварин у процесі транспортування та передзабійної витримки.

Переорієнтація тваринницьких господарств й зміна географії виробництва призводять до збільшення відстаней транспортування тварин до забійних пунктів, що створює додаткові ризики для їхнього благополуччя та якості м'яса. У таких умовах посилюється роль ветеринарного моніторингу під час перевезень та контролю передзабійної витримки, який має забезпечити мінімізацію стресу, згідно з рекомендаціями FAO. Важливими стають заходи з оптимізації логістики — скорочення часу перевезення, належне завантаження та облаштування транспорту, забезпечення тваринам відпочинку перед забоєм. Це безпосередньо впливає на фізіологічний стан, pH м'яса та його ніжність. [190] В українських реаліях актуальним є створення регіональних ветеринарно-логістичних кластерів, які поєднують функції мобільного моніторингу, карантинування та сертифікації продукції для забезпечення єдиного рівня якості на всіх етапах пре-забійного ланцюга.

c. Впровадження цифрових систем обліку ветеринарних процедур

Цифрові системи управління ветеринарною практикою (PIMS — Practice Information Management Software) є комплексними платформами, що оптимізують управління ветеринарними клініками та фермами в Україні. Вони автоматизують процеси обліку, зберігання даних про тварин, планування процедур та аналітику, з урахуванням змін товарної спеціалізації аграрних господарств. Перехід до спеціалізованого тваринництва потребує точного управління пре-забійним ланцюгом постачань, забезпечення простежуваності , контролю здоров'я тварин та мінімізації втрат.

В умовах децентралізації в Україні місцеві господарства адаптуються до нових ринкових вимог, що особливо помітно у м'ясному скотарстві, де стан сировинної бази та динаміка виробництва яловичини безпосередньо впливають на систему пре-забійного моніторингу. У 2025 році відбувається еволюція PIMS-систем з інтеграцією штучного інтелекту для автоматизованого ведення нотаток, використання телемедицини та взаємодії з технологіями Інтернету речей (IoT) для моніторингу здоров'я тварин у реальному часі. Це має важливе значення для пре-забійного управління у спеціалізованих стадах, де зниження чисельності поголів'я потребує більш точного цифрового контролю та управлінської гнучкості.

Важливим напрямом є впровадження електронної системи eFood, яку розробляє Держпродспоживслужба України для онлайн-подачі документів та контролю ланцюга постачання. Інтеграція eFood з PIMS створює єдиний простір ветеринарного обліку й контролю у пре-забійному ланцюгу, підвищуючи прозорість та ефективність процедур. [191]

d. Розширення функцій мобільних ветеринарних команд у децентралізованих умовах

Мобільні ветеринарні команди відіграють ключову роль у децентралізованій системі тваринництва України,

забезпечуючи надання ветеринарних послуг безпосередньо на фермах, у дрібних господарствах та на пасовищах. В умовах трансформації структури управління, посиленої воєнними викликами, регіональні виробники стикаються зі скороченням поголів'я, порушеннями логістики, нестачею кваліфікованих фахівців та обмеженим доступом до лабораторної діагностики. У таких обставинах мобільні ветеринарні групи виконують функції оперативного контролю, профілактики, діагностики та швидкого реагування на епізоотичні загрози, забезпечуючи належний рівень біобезпеки на рівні окремих господарств і тим самим підтримуючи стійкість регіональних ланцюгів постачання, зокрема пре-забійного етапу.

З метою підвищення ефективності державного контролю Уряд України запровадив міжвідомчі мобільні групи, діяльність яких спрямована на посилення ветеринарно-санітарного нагляду та запобігання порушенням законодавства під час переміщення тварин. Такий підхід безпосередньо впливає на стабільність та безпечність пре-забійного ланцюга у регіонах із децентралізованою структурою виробництва та відповідає європейській практиці розвитку локальної ветеринарної автономії. Інтеграція мобільних команд у систему управління галуззю підсилює багаторівневу модель біобезпеки, що є необхідною умовою для ефективного функціонування сучасних спеціалізованих форм тваринництва. [192]

6. Соціальні та кадрові виклики.

Перехід аграрних господарств до нових моделей виробництва - птахівництва, органічного землеробства чи комбінованих систем утримання - супроводжується значними змінами у структурі трудових ресурсів. Традиційні навички персоналу, орієнтовані на класичні форми тваринництва, виявляються недостатніми для роботи в умовах цифровізації та інтеграції інноваційних технологій. Це зумовлює потребу у

системному перенавчанні кадрів, розвитку цифрових компетенцій та формуванні мультидисциплінарних команд, які поєднують знання з ветеринарії, логістики, IT та управління ризиками. Важливим стає створення освітніх програм та симуляційних платформ, що дозволяють персоналу адаптуватися до нових викликів, а також залучення молоді та жінок до процесів модернізації, що сприяє соціальній інклюзії та підвищенню кадрової стійкості.

7. Виклики екологічної стійкості.

Зміна товарної спеціалізації аграрних господарств стимулює впровадження кругових моделей використання ресурсів, які передбачають утилізацію відходів тваринництва для виробництва біогазу чи органічних добрив, повторне використання води та енергоефективні технології. Це дозволяє зменшити залежність від традиційних ресурсів, скоротити викиди парникових газів та забезпечити відповідність міжнародним ESG-стандартам. Екологічна стійкість стає не лише вимогою ринку, а й стратегічним інструментом підвищення конкурентоспроможності українського тваринництва на глобальному рівні. Впровадження енергоощадних технологій, оптимізація кормової бази з урахуванням кліматичних змін та розвиток органічного виробництва формують основу для довгострокової адаптації галузі до викликів військового стану, клімату та економічної нестабільності.

Рекомендації:

1. Структурна трансформація сектору.

Трансформація тваринницького сектору України зумовлена поєднанням глобальних викликів - воєнних дій, кліматичних змін та ринкової нестабільності. Це вимагає переходу від традиційних форм виробництва до більш адаптивних та стійких моделей, зокрема розвитку птахівництва, вівчарства, органічного тваринництва та локалізованих систем.

Рекомендація: стимулювати диверсифікацію виробництва через державні програми підтримки, податкові пільги та залучення інвестицій у нові види спеціалізації.

2. Пре-забійний ланцюг постачань як стратегічна ланка.

Пре-забійний ланцюг визначає якість, безпечність та економічну ефективність м'ясної продукції, формуючи основу конкурентоспроможності ринку.

Рекомендація: впроваджувати стандарти добробуту тварин (FAO, OIE), низько-стресові технології утримання й транспортування, а також протоколи гуманного забою на всіх етапах ланцюга.

3. Зростання виробництва птиці.

Інтенсифікація птахівництва супроводжується збільшенням кількості партій, скороченням виробничого циклу та зростанням навантаження на забійні підприємства.

Рекомендація: модернізувати забійні потужності, впроваджувати автоматизовані лінії, роботизовані системи охолодження та цифровий контроль за партіями.

4. Логістична адаптація до децентралізації.

Втрати традиційних каналів постачання та територіальна децентралізація виробництва створюють потребу в новій логістичній архітектурі.

Рекомендація: розвивати регіональні агрологістичні хаби, впроваджувати мобільні рішення для передзабійної витримки тварин 1 формувати партнерські мережі для скорочення транспортних витрат.

5. Роль ветеринарного супроводу.

Ветеринарна служба стає ключовим елементом забезпечення біобезпеки, добробуту тварин й контролю якості м'ясної продукції.

Рекомендація: адаптувати ветеринарні протоколи до нових темпів виробництва, розширити функції мобільних ветеринарних команд, упровадити цифрові системи обліку

процедур (PIMS, eFood) та інтегровані бази даних для простежуваності у пре-забійному ланцюгу.

6. Цифровізація та технологічна модернізація.

Цифрові інструменти формують нову управлінську парадигму у тваринництві, забезпечуючи ефективність та прозорість процесів.

Рекомендація: інтегрувати ERP-системи, IoT-сенсори, RFID-технології та аналітичні платформи для моніторингу стану тварин й оптимізації логістики у реальному часі.

7. Людський капітал та цифрові компетенції.

Трансформація сектору потребує підготовки нової генерації фахівців, здатних працювати у мультидисциплінарному середовищі, поєднуючи аграрні, технологічні та екологічні знання.

Рекомендація: створювати освітні програми й тренінгові центри з цифрового управління фермою, біобезпеки, сталого виробництва та аграрної аналітики.

8. Екологічна стійкість та кругова економіка.

В умовах кліматичних змін та ресурсних обмежень екологічна стійкість стає фундаментом розвитку тваринництва.

Рекомендація: впроваджувати практики енергоефективності, повторного використання побічних продуктів, скорочення викидів та управління відходами відповідно до міжнародних ESG-стандартів.

9. Інтеграція у глобальні ринки.

Конкурентоспроможність української тваринницької продукції визначається рівнем гармонізації з міжнародними нормами безпечності, простежуваності та якості.

Рекомендація: розширювати експортні можливості через сертифікацію за стандартами ЄС, впровадження міжнародних систем якості (HACCP, ISO, Global G.A.P.) та розвиток бренду «Ukrainian Meat» як надійного постачальника на світовому ринку.

ПІСЛЯМОВА

Підсумовуючи проведене дослідження, можна стверджувати, що інноваційні стратегії управління логістикою тваринництва в умовах післявоєнної трансформації України є не лише інструментом компенсації втрат, завданих воєнними діями, а й фундаментом переходу галузі до моделі сталого, екологічно орієнтованого та технологічно розвиненого виробництва, сумісного з європейськими підходами «зеленого» розвитку. Реалізація таких стратегій створює передумови для підвищення конкурентоспроможності тваринницької продукції, зміцнення продовольчої безпеки та довгострокової стабільності аграрного сектору.

Аналіз підходів до екологічної реабілітації пасовищ та кормової бази засвідчив, що комплексне застосування ротаційного випасу, використання багаторічних травосумішей, біопрепаратів й мікоризних технологій сприяє відновленню продуктивності деградованих земель, зменшенню ерозійних процесів та відтворенню біорізноманіття. Такі заходи формують основу для сталого розвитку кормової бази та зниження екологічних ризиків у тваринництві.

Біотехнологічні стратегії управління водними ресурсами, зокрема фіторемедіаційні та біофільтраційні рішення, використання біореакторних систем та водоутримувальних матеріалів, дають змогу формувати замкнені водні цикли на тваринницьких підприємствах. Це забезпечує зменшення антропогенного навантаження на водні об’єкти та підвищує надійність водопостачання в умовах дефіциту або забруднення водних ресурсів.

Інтеграція репродуктивних біотехнологій у поєднанні з мобільними формами організації виробництва та розвитком ветеринарно-логістичної інфраструктури створює передумови для прискореного відновлення племінного потенціалу та

підвищення рівня біобезпеки. Застосування цифрових ветеринарних платформ та мобільних сервісів сприяє оперативному контролю стану тварин, зниженню епізоотичних ризиків та підвищенню ефективності управлінських рішень.

Використання симуляційних моделей та цифрових технологій управління, зокрема сенсорних систем моніторингу, дистанційного зондування, автоматизованих облікових й планувальних платформ, забезпечує підвищення точності прогнозування, оптимізацію використання ресурсів та зменшення виробничих і логістичних ризиків. Цифрова трансформація логістики тваринництва формує умови для гнучкого реагування на зміни зовнішнього середовища та підвищує адаптивність галузі.

Теоретико-прикладний аналіз ланцюгів постачань у тваринництві підкреслює необхідність їх адаптації до підвищених ризиків, зумовлених нестабільністю безпекового середовища. Важливими напрямами є диверсифікація виробничої спеціалізації, розвиток нішевого та органічного виробництва, а також посилення систем простежуваності та контролю якості відповідно до європейських стандартів безпечності харчових продуктів.

Державна підтримка галузі та залучення міжнародної технічної й фінансової допомоги створюють сприятливі інституційні умови для впровадження запропонованих інноваційних стратегій. Водночас зберігається низка системних викликів, серед яких деградація та небезпечний стан земельних ресурсів, загрози інформаційній та кібербезпеці цифрових платформ, дефіцит кваліфікованих кадрів, а також нестабільність фінансування інноваційних проєктів.

Перспективи подальших досліджень пов’язані з розвитком математичних та імітаційних моделей впливу кліматичних змін на логістичні системи тваринництва,

експериментальним упровадженням мобільних виробничих рішень й цифрових логістичних хабів у постраждалих від воєнних дій регіонах, оцінкою економічної ефективності біотехнологічних інновацій у реальних виробничих умовах, а також формуванням національної стратегії інтеграції тваринництва України у глобальні «зелені» ланцюги постачань.

Автори сподіваються, що результати дослідження стануть вагомим внеском у наукове забезпечення політики відновлення аграрного сектору України, сприятимуть формуванню стійких агроекосистем та зміцненню продовольчої безпеки держави в умовах тривалих кризових трансформацій й глобальних викликів.

Колектив авторів висловлює щиру вдячність усім науковцям, фахівцям-практикам, партнерам та установам, які сприяли збору емпіричних матеріалів, обговоренню результатів та реалізації досліджень у складних умовах. Окрема подяка адресована товаровиробникам деокупованих територій, які допомагали у проведенні досліджень, чия щоденна праця є переконливим свідченням життєздатності українського аграрного сектору та його потенціалу до відновлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дацько О.М. Вплив війни на сільськогосподарські землі. Дослідження Сумського національного аграрного університету. Сайт UWEC (Ukraine War Environmental Consequences Work Group - Робочої групи з вивчення екологічних наслідків війни в Україні). Головна/Topics/Екосистеми, 24.12.2024. https://uwecworkgroup.info/uk/seeds-of-metal-how-war-is-polluting-ukraines-farmland-and-threatening-food-security/

2. Краснорyцький О., Маренич Т., Сенчук І. Адаптація польового кормовиробництва в Україні до вимог «зеленого» курсу. Вісник Хмельницького національного університету , 2023, № 5 с.324-332. http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2023/11/32 2-52.pdf

3. Steve G. Silvopasture: a guide to managing grazing animals, forage crops, and trees in a temperate farm ecosystem. Chelsea Green Publishing. 2018. 294 p

4. Graves A.R. et al. Farmer Perceptions of Silvoarable Systems in Seven European Countries. In: Rigueiro Rodróguez A., McAdam J., Mosquera-Losada M.R. (Eds.). Agroforestry in Europe. Advances in Agroforestry. 2009. Vol. 6. Springer, Dordrecht. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-8272-6_4

5. Casey Shawver, Joe Brummer, Jim Ippolito, Jason Ahola, and Ryan Rhoades. Management-intensive Grazing on Irrigated Pasture. Topics/ Agriculture/Livestock Series /Management. Fact Sheet 1.635 Colorado State University Extension. Fort Collins,Colorado. 09/20. https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/management-intensive-grazing-mig-onirrigated-pasture-0-571/

6. Гулай В.В. Збереження біологічного різноманіття. Навчальний посібник.- Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 – 79 с.

https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/b380c4ba-0336-4911-a1cf-2427c4878910/content

7. Бабич А. О. Світове виробництво зернобобових культур для вирішення проблеми білка і біологічного азоту / А. О. Бабич // Матер. Міжнародної науково-практичної конференції «Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивація, охорона. – Дніпропетровськ, 2003. – С. 8–12.

8. Петриченко В. Ф. Бобові культури і сталий розвиток агроекосистем / В. Ф. Петриченко, В. Ф. Камінський, В. П. Патика // Корми і кормовиробництво. Міжвідомчий тематичний наук. зб. – Вінниця: Тезис, 2003. – Вип. 51. – С. 3–6.

9. Мащак Я. І. Рівень симбіотичної азотфіксації на лучних агроценозах / Я. І. Мащак, Л. М. Любченко // Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – К., 1999. – С. 96–97.

10. Курдиш І. К. Роль мікроорганізмів у відтворенні родючості ґрунтів. Сільськогосподарська мікробіологія (англ.) Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. 07.01.2009 Т. 9, с. 7-32. DOI**:** https://doi.org/10.35868/1997-3004.9.7-32

11. Гуральчук Ж. З. Дія арбускулярних мікориз елементів живлення на находження елементів живлення і стійкість рослин до несприятливих чинників довкілля . Сільськогосподарська мікробіологія (англ.) Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. 22.03.2011 Т. 12. с. 7-26. DOI: https://doi.org/10.35868/1997-3004.12.7-26

12. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. (2002) Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. Nature, Vol.418, № 8. p. 671-677. http://dx.doi.org/10.1038/nature01014

13. Аврамчук А. Можливості застосування БПЛА в рослинництві: де агроному знадобляться дрони. Сайт SuperAgronom.com. Головна/Публікації 15.12.2021. https://superagronom.com/articles/580-mojlivosti-zastosuvannya-bpla-v-roslinnitstvi-de-agronomu-znadoblyatsya-droni

14. Claudiu George Bocean. A Longitudinal Analysis of the Impact of Digital Technologies on Sustainable Food Production and Consumption in the European Union. Foods. 2024. Vol. 13, No 1281. https://doi.org/10.3390/foods13081281

15. Дудник С. В. Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування : монографія / С. В. Дудник, М. Ю. Євтушенко. – Київ : Український фітосоціологічний центр, 2013. – 297 с. https:/nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/Водна%20токсикологія-монографія.pdf

16. Kathiresan K. Polythene and plastic-degrading microbes in an Indian mangrove soil. Revista de Biología Tropical , v.51 n.3-4 San José 09. 2003 pp. 629—633. https://web.archive.org/web/20090307020636/http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442003000300003&script=sci_arttext

17. Кульский Л. А Хімія і мікробіологія води: практикум / Л. А. Кульский, Т. М. Левченко, М. В. Петрова. – Київ : Вища школа, 1987. – 172 с.

18. Hao Hu, Xiang Li, Shaohua Wu, Chunping Yang. Sustainable livestock wastewater treatment via phytoremediation: Current status and future perspectives. Bioresource Technology.2020,November.Vol.315:123809. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420310816

19. Ranskiy, A. P., Khudoyarova, O. S., Gordienko, O. A., Titov, T. S., Kryklyvyi, R. Regeneration of sorbent mixture after the purification of recycled water in production of soft drinks. Journal of Water Chemistry and Technology, 2019, Vol. 41, No. 5, pp. 318–321.

https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/27885/Regeneration%20of%20Sorbents%20Mixture.pdf

20. Ленова Л. І. Водорості в доочищенні стічних вод / Л. І. Ленова, В.В. Ступіна. - Київ: Наукова думка, 1990. - 183 с.

21. Ліщук А. В , Васильченко О. А., А. Б. Миненко А. Б., Касянівської Е. С., Кудас В. Є. Застосування мікроводоростей у біотехнології. Проблеми екологічної біотехнології / Національний авіаційний університет, Розділ: Огляди , м. Київ № 1 (2014), 25.06.2014 https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/6695

22. Бойченко С. В., Бойченко М. С., Шамаський С. Й. Застосування мембранних біореакторів для очищення стічних вод від біорезистентної фармацевтичної продукції. Наукоємні технології. Розділ : Екологія, хімічна технологія, біотехнології, біоінженерія № 1(45), 2020 с. 67-77. https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/14573

23. Abdul Khalil, H.P.S.; Yahya, E.B.; Jummaat, F.; Adnan, A.; Olaiya, N.; Rizal, S.; Abdullah, C.; Pasquini, D.; Thomas, S. Biopolymers based aerogels: A review on revolutionary solutions for smart therapeutics delivery. Progress in Materials Science., Vol. 131, January 2023, 101014 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0079642522000950

24. Климчик О. М. Технології біоремедіації водних екосистем / О. М. Климчик // Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття - 2020 : збірник наукових праць. III Всеукраїнська науково-практична конференція, 3-5.06.2020 р. – Житомир : Поліський національний університет, 2020. – с. 133-135. http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/13458

25. Серединський С. М., Бростовська А. Л. Особливості вибору та застосування сидеральних культур в насичених зерновими та високорентабельними культурами сівозмінах на волого забезпечених ґрунтах Західного

Лісостепу. Збірник наукових праць «Охорона ґрунтів» : матеріали міжнародної науково – практичної конференції «Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави». 2014. Вип. 1. с. 290–292.

26. Дігтяр С. В., Єлізаров М. О., Мазницька О. В., Никифорова О. О., Новохатько О. В., Пасенко А. В., Сакун О. А. Галузі сучасної біотехнології : підручник для студентів спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / Загальна редакція професора Никифорова В. В. , Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2021 – 126 с. https://biotech.kdu.edu.ua/content/nauka/vydannya/galuzi-suchasnoi-biotekhnologii.pdf

27. S Akgönüllü, S Kılıç, C Esen, A Denizli Molecularly imprinted polymer-based sensors for protein detection. Polymers (англ.).,2023 Vol.15(3). p. 629. https://www.mdpi.com/2073-4360/15/3/629

28. В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навчальний посібник / за редакцією В. К. Хільчевського – Київ : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/upravlinnya_vodnih_bioresursiv_posibnik_0.pdf

29. А.В. Татаров, І.О. Губа Автоматизовані системи контролю стану водних ресурсів Центральноукраїнський національний технічний університет Наукові записки, 2014, вип. 15, с.101-103. https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/f51997e3-6a79-4209-b47f-502da59fe917/content

30. Rebuilding and Developing of Agriculture in Areas Stricken by Disaster and Armed Conflict (Balkans). Twenty-Second FAO Regional Conference for Europe held in Porto, Portugal, from

24–28 July 2000, Agenda Item 8 https://www.fao.org/4/X7310e/X7310e.htm

31. Theo Knight-Jones. Restocking in the former Yugoslavia. Post-war restocking projects in BosniaHerzegovina and Kosovo. WSPA 1st Feb. 2012.- 28 ps. https://www.livestock-emergency.net/wp-content/uploads/2020/04/Balkans_Restocking_Final2.pdf

32. UNEP. Depleted uranium in Bosnia and Herzegovina : post-conflict environmental assessment. [Nairobi] : UNEP, [2003], 03.III.D.7, 282 ps. https://digitallibrary.un.org/record/502851?v=pdf

33. Document of The World Bank. Report No: Technical Annex T-7065 BIH Bosnia and Herzegovina Reconstruction Assistance Project. Resident Mission Bosnia and Herzegovina. October 31, 1997. https://documents1.worldbank.org/curated/en/698961468743172755/pdf/multi-page.pdf

34. IFAD (International Fund for Agricultural Development). Report and recommendation of the President to the executive board on a proposed loan to Bosnia and Herzegovina for the Livestock and Rural Finance Development Project . Doc. #: 177279 Library : DMS. EB 2001/72/R.23/Rev.1 Agenda Item 9(d)(ii) 26 Apr/ 2001.- 40 ps. https://webapps.ifad.org/members/eb/72/docs/EB-2001-72-R-23-Rev-1.pdf

35. Сайт ЕПЛ. (Екологія. Право.Людина). Повоєнний досвід відновлення довкілля Боснії і Герцеговини. Аналітична довідка.11 квітня 2022 р..- 11 с. https://epl.org.ua/eco-analytics/povoyennyj-dosvid-vidnovlennya-dovkillya-bosniyi-i-gertsegovyny/

36. Website of MRRuBiH. Rural Development Network in Bosnia and Herzegovina. Home / Rural Development /IPARD/ Rural Development Network in Bosnia and Herzegovina. https://ruralnamreza.ba/ipard/

37. United Nations Development Programme (UNDP). European Union Support to Agriculture Competitiveness and Rural

Development in Bosnia and Herzegovina (EU4AGRI). Project (Award & Output) Number: BIHI0/00119450, Output 00115935. 2 March, 2020 – 79 ps. https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/BIH/EU4Agri%20ProDoc%20UNDP%20Format%20FINAL.pdf

38. Aleksandra Nikolić. Structure and Competitiveness of the Milk and Dairy Supply Chain in Bosnia and Herzegovina, co-funded by the European Commission under the Sixth Framework Programme (2002–2006) , Acronym CEEC AGRI POLICY no. 513705 January 2006.- 15 ps. https://www.researchgate.net/publication/287808543_structure_and_competitiveness_of_the_milk_and_dairy_supply_chain_in_bosnia_and_herzegovina

39. World Bank Group website. Safe and Sustainable Transport Programme in the Western Balkans. Where We Work /Europe and Central Asia/ brief 02.10.2024. https://www.worldbank.org/en/region/eca/brief/safe-and-sustainable-transport-program-in-the-western-balkans

40. International Telecommunication Union. Status of Digital Agriculture in 18 countries of Europe and Central Asia. ITUPublications /FAO. Place des Nations CH-1211 Geneva 20, Switzerland – 102 ps.

41. United Nations Development Programme (UNDP). Rural Development in Bosnia and Herzegovina: Myth and . National Human Development Report 2013. Offie of the UN Resident Representative in Bosnia and Herzegovina. Sarajevo – 29 ps. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/NHDR-Teaser-Web-version.pdf

42. Natasha Lamoreux (UN Women). Reparations for conflict-related sexual violence: Lessons from the Western Balkans. UN WOMEN Jahorina-Sarajevo, 2016.- 39 ps. https://knowledge.unwomen.org/sites/default/files/Headquarters/Attachments/Sections/Library/Publications/2018/Reparations-for-conflict-related-sexual-violence-en.pdf

43. European Commission website. Commission Staff Working Document SWD (2020) 223 final. Guidelines for the Implementation of the Green Agenda for the Western Balkans . An Economic and Investment Plan for the Western Balkans. Brussels, 6.10.2020. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020SC0223

44. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) website. 3rd Environmental Performance Review of Bosnia and Herzegovina. Home / Environmental Performance Reviews / Publications. November, 2018. https://unece.org/environment-policy/publications/3rd-environmental-performance- review-bosnia-and-herzegovina

45. United Nations Development Programme (UNDP) website. Indigenous dairy products industry in Bosnia and Herzegovina. BHEPA – Export Promotion Agency of Bosnia and Herzegovina. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ba/e85f147d77c3b1a8984ee2d9b0816215837623f669ecc8c1dd34c1f8265370e0.pdf

46. United Nations Development Programme (UNDP) website. European funds as a driver of modernization. The role of EUR4AGRI projects in the development of agriculture in BiH. Home /Bosnia and Herzegovina/ Stories /European Funds As a Driver of Modernization 16.08.2024. https://www.undp.org/bosnia-herzegovina/stories/european-funds-driver-modernization

47. European Commission website.Demining in Bosnia and Herzegovina: An EU-funded application that can save lives. Home/ Stories/ Demining in Bosnia and Herzegovina: An EU-funded application that can save lives. 04.04.2020. https://fpi.ec.europa.eu/stories/demining-bosnia-and-herzegovina-eu-funded-application-can-save-lives_en

48. Noureddin Driouech, Vesna Milić, Hamid El Bilali, Aleksandra Despotović, Jasmina Simić, Sinisa Berjan and Mirko Kulina. Development of Organic Animal and Crop Production in

Bosnia. IJERD – International Journal of Environmental and Rural Development Vol. 4-1, 2013. https://iserd.net/ijerd41/41196.pdf

49. Rui Samarcos Lora. Cooperativist Dynamics in Post-Conflict Societies- Addressing the Rochdale Principles as a Local Framework for Peacebuilding Initiatives in Bosnia and Herzegovina 2024. Scientific Research and Community website.Journal on Political Sciences & International Relations,Vol.2 is.3 11.02.2024. https://doi.org/10.47363/JPSIR/2024(2)107

50. Volker Ahlemeyer. Better infrastructure for Bosnia and Herzegovina. Home / News and events / Better infrastructure for Bosnia and Herzegovina. The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) website. 26 Nov 2015. https://www.ebrd.com/home/news-and-events/news/2015/better-infrastructure-for-bosnia-and-herzegovina.html

51. Goran Nedic. Financial and Technical Assistance in the Reconstruction and Development of Post-Conflict Bosnia and Herzegovina. The wiiw Balkan Observatory. Working Papers. 073. September 2006. http://surl.li/hjiuy

52. Edina Šahmanović. Made by Nature or by Man? Bosnia-Herzegovina's Organic Farming Practices. Website balkandiskurs.com. Home / Articles / July 25th, 2016. https://balkandiskurs.com/en/2016/07/25/made-by-nature-or-by-man-bosnia-herzegovinas-organic-farming-practices/

53. Demine Ukraine website.Уряд схвалив Національну стратегію протимінної діяльності та Операційний план її реалізації на перші 3 роки. Головна / Новини / Уряд схвалив Національну стратегію протимінної діяльності… 28/06/2024. https://demine.gov.ua/news/uriad-skhvalyv-natsionalnu-stratehiiu-protyminnoi-diialnosti-ta-operatsiinyi-plan-ii-realizatsii-na-pershi-3-roky

54. Безкаравайний І. Залучення партнерів до розмінування агроземель – один з пріоритетів на 2025 рік. Сайт Урядового порталу. Головна/ Новини/ Ігор Безкаравайний: Залучення партнерів до розмінування

агроземель. 11 грудня 2024. https://www.kmu.gov.ua/news/zaluchennia-partneriv-do-rozminuvannia-ahrozemel-odyn-z-priorytetiv-na-2025-rik-ihor-bezkaravainyi-na-zasidanni-sektoralnoi-robochoi-hrupy

55. Tony Murphy. Organic farming in the EU. Gaps and inconsistencies hamper the success of the policy. Special report. European Court of Auditors. 2024 https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-19/SR-2024-19_EN.pdf

56. Про сільськогосподарську кооперацію. Закон України № 819-IX від 21.07.2020. Редакція , підстава - 4017-IX від 15.11.2024. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 52, ст.497. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/819-20#Text

57. Міжнародні донорські організації. https://strategy2020.lg.ua/index.php/mizhnarodna-tekhnichna-ta-gumanitarna-dopomoga/50-mzhnarodni-donorski-organizatsiji

58. Платформа AgriAnalytica спрощує доступ фермерів до фінансування. Сайт aggeek.net. Головна / Теми /Гроші/ Платформа AgriAnalytica 16.11. 2020. https://aggeek.net/ru-blog/platforma-agrianalytica-sproschue-dostup-fermeriv-do-finansuvannya

59. Що таке програма ЄС «Copernicus» та як можна використати її можливості – безкоштовний онлайн курс Європейської Комісії. Mission of Ukraine to the European Union website. Головна / Новини / Що таке програма ЄС «Copernicus»…10.08.2020. https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/news/shcho-take-programa-yes-copernicus-ta-yak-mozhna-vikoristati-yiyi-mozhlivosti-bezkoshtovnij-onlajn-kurs-yevropejskoyi-komisiyi

60. Українська Платформа Донорів.(Ukraine Donor Platform) Головна / Про Платформу. https://ukrainedonorplatform.com/uk/about-ua/

61. Hiemstra Sipke Joost, Tette Van Der Lende and Henri Woelders. The potential of cryopreservation and reproductive

technologies for animal genetic resources conservation strategies. International Workshop on the Role of Biotechnology for the Characterization and Conservation of Crop, Forest, Animal and Fishery Genetic Resources , 5-7 March 2005 in Turin, Italy, Food and Agriculture Organization of the United nations, Rome, 2006 – ps. 45 – 59. https://books.google.com.ua/books?id=tPVz5ZDqUtAC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

62. McGann, L.E., Janowska-Weiczorek A., Turner A. et al. Water permeability of human heamopoietic stem cells // Cryobiology.–1987.– Vol. 24.– p. 112-119. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0011224087900137?via%3Dihub

63. Fahy G., MacFarlane D., Angell C., Meryman H. Vitrification as an approach to cryopreservation. Cryobiology. 1984. Vol. 21. p. 407-426. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0011224084900798

64. Паладійчук О.Р., Кульчицька А.П. Технологія відтворення тварин. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної форми навчання напрям підготовки 6.090 102 «ТВіППТ» (із змінами та доповненнями) / О. Р. Паладійчук , А.П.Кульчицька – Вінниця, 2017. – 218с. http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/12627.pdf

65. Про затвердження Інструкції зі штучного осіменіння корів і телиць. Наказ № 230 від 01.08.2001 Міністерство аграрної політики та продовольства. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 жовтня 2001 р. за N 852/6043. https://zakononline.com.ua/documents/show/226753___226818

66. Glenn Selk. Artificial Insemination for Beef Cattle. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources , Oklahoma State University, Mar. 2017, Id: AFS-3164 (ps.1-8).

https://extension.okstate.edu/fact-sheets/print-publications/afs/artificial-insemination-for-beef-cattle-afs-3164.pdf

67. Яблонський В.А. Біотехнологія відтворення тварин. – К.: Арістей, 2004. ISBN: 966-8458-39-7 – 296 с.

68. Gabriel A. Bó a,b, Reuben J. Mapletoft . Historical perspectives and recent research on superovulation in cattle. Theriogenology. Vol. 81, iss. 1, 1 January 2014, ps. 38-48. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.020

69. Santos J.E.P., Cerri R.L.A., Sartori R. Nutritional management of the donor cow. Theriogenology. Vol. 69, iss.1, January 2008, ps. 88-97. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.010

70. Мельник В.О., Кравченко О. О. Біотехнологія репродукції організмів. Методичні рекомендації до лабораторних занять та самостійної роботи для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» освітньої спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерія» - Миколаїв. Миколаївський національний аграрний університет, 2016 – 56 с. https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2121/1/Biotehnologi_reproduk_org.pdf

71. Юлевич О. І. Біотехнологія : навчальний посібник / О. І. Юлевич, С. І. Ковтун, М. І. Гиль ; за ред. М. І. Гиль. — Миколаїв : МДАУ, 2012. — 476 с. http://moodle.nati.org.ua/pluginfile.php/23425/mod_resource/content/1/Ulevich_O.Biotehnologiya_2012.pdf

72. Harrison Charlotte. Mice on the move. Lab Animal. 50 (9), 09.2021: 233-235. https://doi.org/10.1038/s41684-021-00829-5

73. C.-C. Chang, D. P. Bernal, G. Wright, R. J. Straub, M. A. Witt, Z. P. Nagy High survival rates of vitrified human oocytes are maintained after exposure to transport conditions in the vapor phase of liquid nitrogen in dry shipper for 60 hours. Fertility and Sterility, Volume 92, Issue 3, Supplement, September 2009, Page S183. https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2009.07.1379

74. Wang Zhongde. Genome engineering in cattle: recent technological advancements. Chromosome Research: an international journal on the molecular, supramolecular and evolutionary aspects of chromosome biology. 2015. Vol. 23, no. 1. p. 17-29. https://doi.org/10.1007/s10577-014-9452-6

75. Шипулін В. Д Основні принципи геоінформаційних систем: навчальний посібник / В. Д. Шипулін. Харківська національна академія міського господарства. – Х.: ХНАМГ, 2010. ISBN 978-966-695-144-4 – 313 с. https://core.ac.uk/download/pdf/11325366.pdf

76. Ivo Elliott, Elizabeth M. Batty, Damien Ming, Matthew T. Robinson, Pruksa Nawtaisong, Mariateresa de Cesare, Paul N. Newton, and Rory Bowden Oxford Nanopore MinION Sequencing Enables Rapid Whole Genome Assembly of *Rickettsia typhi* in a Resource-Limited Setting. // The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. Vol. 102, issue 2, p(s): 408–414. DOI: https://doi.org/10.4269/ajtmh.19-0383

77. Irina A. Kirgiz, Cassandra Calloway. Increased recovery of touch DNA evidence using FTA paper compared to conventional collection methods. Journal of Forensic and Legal Medicine. Vol. 47, April 2017, ps. 9-15. https://doi.org/10.1016/j.jflm.2017.01.007

78. Стратегія біобезпеки та біологічного захисту. Указ Президента України «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 15 жовтня 2021 року "Про Стратегію біобезпеки та біологічного захисту"» № 668/2021 17.12.2021 Урядовий кур'єр від 21.12.2021- № 245. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021/#Text

79. FAO & WHO. 2025. Codex Alimentarius Commission Procedural Manual – Thirtieth edition. Rome, Italy - 216 ps. https://doi.org/10.4060/cd4216en

80. FAO and WHO. 2023. Foodborne antimicrobial resistance – Compendium of Codex standards. First revision.

Codex Alimentarius Commission. Rome. , Italy – 97 ps. https://doi.org/10.4060/cb8554en

81. Frank Owlsey. Scheduling All-In All-Out Swine Production. U.S. Pork Center of Excellence website. Home /Rresources / Scheduling All-In All-Out Swine Production. July 2, 2012 , Clive, IA 50235. https://porkgateway.org/resource/scheduling-all-in-all-out-swine-production/

82. Боротьба з африканською чумою свиней: заходи контролю та профілактики. Сайт Головного управління Держпродспоживслужби в Тернопільській області. Головна / Новини / Боротьба з африканською чумою свиней, м. Тернопіль. 27 лютого 2025 року. https://dpss-te.gov.ua/news/borotba-z-afrykanskoiu-chumoiu-svynei-zakhody-kontroliu-ta-profilaktyky

83. Деякі питання проведення заходів державного контролю за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин, державного ветеринарно-санітарного контролю і ввезення вантажів на митну територію України у період воєнного стану. Постанова Кабінет Міністрів України від 7 травня 2022 р. № 537 із змінами згідно з Постановою КМ № 345 від 28.03.2025. Редакція від 02.06.2025. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/537-2022-п#Text

84. Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, ветеринарну медицину та благополуччя тварин. Закон України № 2042-VIII 18.05.2017. Редакція від 19.04.2025 - документ 2042-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2042-19#Text

85. M. Daniel Givens. Practical vaccination strategies for beef cattle. No. 59 (2025): 2025 Recent Graduate Conference Proceedings. Proceedings of the Eighth Recent Graduate Conference. American Association of Bovine Practitioners.

February 14-15, 2025. Norman, Oklahoma. Beef Sessions ps. 29-31. https://doi.org/10.21423/aabppro20259226

86. Серологічні методи діагностики бактеріальних та вірусних інфекцій : методичні вказівки до проведення лабораторних занять з курсу «Імунологія» / Т. В. Гудзенко, О. Ю. Зінченко, М. Б. Галкін, Г. І. Жумінська, Т. В. Іваниця. – Одеса : Одеський національний університет ім І. І. Мечникова, 2018. – 42 с. https://dspace.onu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/beb612ac-012a-4e0f-8b48-222ea06e8119/content

87. World Organisation for Animal Health (WOAH). An inaugural global overview of animal health in a changing world. The State of the World's Animal Health. 2025 Report Home / Documents / The State of the World's Animal Health. 23/05/2025 - 114 ps. https://www.woah.org/app/uploads/2025/05/the-state-of-the-worlds-animal-health-2025.pdf

88. Vivek Sheoran. The importance maintaining the cold chain for vaccines in canine health. International Journal of Novel Research and Development. Volume 8, Issue 5 May 2023 ISSN: 2456-4184 Sikar, Rajasthan, India ps.593-596. https://ijnrd.org/papers/IJNRD2305276.pdf

89. Наказ МОЗ України № 1682 від 02.10.2024 « Про внесення змін до Порядку забезпечення належних умов зберігання, транспортування, приймання та обліку вакцин , анатоксинів та алергену туберкульозного в Україні ». Мін'юст України від 17.10.2024 № 1568/42913. Редакція від 27.11.2024, підстава - z1615-24. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1568-24#Text

90. FAO, UNEP, WHO, and WOAH. 2022. One Health Joint Plan of Action (2022-2026). Working together for the health of humans, animals, plants and the environment. Rome, 2022. – 70 ps. https://doi.org/10.4060/cc2289en

91. WHO. Guidelines for the international packaging and shipping of vaccines, sixth edition. World Health Organization.

Geneva Switzerland 2020.- 167 ps. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338012/9789240015432-eng.pdf

92. Положення про Єдиний державний реєстр тварин, затверджене Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 25.09.2012 р. № 578. Редакція від 14.03.2025, підстава - z0240-25. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1713-12#Text

93. Beatriz Martinez Lopez. Advancement in the Veterinary Services through Digitalisation (Data management, Veterinary Information Systems, Big Data, Meta Language, Artificial Intelligence). 18.09.2024 31st Conference of the Regional Commission for Europe, Technical Item II. Samarkand, Uzbekistan, 30 September - 4 October 2024. World Organisation for Animal Health (WOAH). – 16 ps. https://rr-europe.woah.org/app/uploads/2024/09/EN_TT1.pdf

94. Варпіховський Р. Л. Вплив різних способів утримання нетелів на поведінку та продуктивність корів-первісток. Аграрна наука та харчові технології. 2019. Вип. 4 (107), т. 1. с. 74-86.

95. 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, *13*, 1858. https://doi.org/10.3390/agriculture13101858

96. Сільськогосподарські будівлі і споруди: навчальний посібник / В.Б. Чепурна, Н.С. Садова. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 349 с. https://nmcbook.com.ua/wp-content/uploads/2022/08/Сільськогосподарські-будівлі-і-споруди.pdf

97. Немцева Ю. Встановлення СЕС дозволило знизити витрати на електроенергію на 50% — кейс молочної ферми. Сайт Kurkul.com , Головна / Новини / Встановлення СЕС дозволило знизити витрати…. 5 червня 2025, Полтава.

https://kurkul.com/news/38753-vstanovlennya-ses-dozvolilo-zniziti-vitrati-na-elektroenergiyu-na-50--keys-molochnoyi-fermi

98. Машини і обладнання для тваринництва: підручник для студентів аграрних навчальних закладів I-II рівнів акредитації / Ревенко І. І. , Хмельовський В. С. , Заболотько О. О. та ін.. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., - 2017. – 304 с. https://dglib.nubip.edu.ua/items/73a88231-e032-4a69-b2a3-2939dac7061c

99. Дереза С. В., Дереза О. О., Болтянський Б. В. Використання стічних вод тваринницьких підприємств для зрошення кормовихкультур. Матеріали VI Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». м. Глеваха, 2017 р. с. 26–29.

100. Дереза С. В., Дереза О. О. Утилізація відходів тваринницьких підприємств і їх вплив на екологію навколишнього середовища. Матеріали IV Міжнародній науково-практичної інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» Таврійський державний агротехнологічний університет. 26.11.2022. http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/dereza-o._2-22.pdf

101. L. H. Baumgard , R. P. Rhoads Ruminant Nutrition Symposium: Ruminant production and metabolic response to heat stress. Journal of Animal Science, Volume 90, Issue 6, June 2012, Pages 1855–1865. https://doi.org/10.2527/jas.2011-4675

102. Кандиба В. М , Ібатуллін І.І., Костенко В.І. Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби: [Монографія] за ред.. Кандиба В. М , Ібатулліна І.І., Костенко В.І. - Житомир, 2012. - 860 с. http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/4130/1/teoria_i_praktika_normovanoi_godivli_VRH_2012_860.pdf

103. Tangorra, F.M.; Buoio, E.; Calcante, A.; Bassi, A.; Costa, A. Internet of Things (IoT): Sensors Application in Dairy Cattle Farming. Animals 2024, 14, 3071. https://doi.org/10.3390/ani14213071

104. Фененко А., Римар Д., Дідорук О. Технологічні і конструктивні рішення однотрубної і двотрубної молоко повітряної системи доїльних установок / Фененко А., Римар Д., Дідорук О. / Вісник Львівського державного аграрного університету. Сер. Агро інженерні дослідження. – 2001 - № 5. с.67-74.

105. Ушакова С.В., Чернишов І.В., Каращук Г.В., Карпенко О.В., Левченко М.В. Ресурсозберігаючі технології первинної обробки молока в умовах Півдня України. Таврійський науковий вісник № 130., Видавничий дім «Гельветика» 2023 , Херсон, с.406-412. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/130_2023/55.pdf

106. Animal Production and Health Division. Protein Sources for the Animal Feed Industry. Expert Consultation and Workshop. Bangkok, 29 April – 3 May 2002, FAO Animal Production and Health Proceedings. 2004 -390ps. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/y5019e

107. Baillie, S. and Crossan, A. and Brewster, S.A. and Mellor, D. and Reid, S. (2005) Validation of a bovine rectal palpation simulator for training veterinary students. Studies in Health Technology and Informatics 111: University of Glasgow, UK, ps. 33-36. https://eprints.gla.ac.uk/3729/1/MMVR_BAILLIE_S.pdf

108. Welfare-first learning with touch technology. Website virtalis.com. Home / Systems / Veterinary simulation Virtalis UK. Manchester, United Kingdom. https://www.virtalis.com/systems/veterinary-simulators

109. Animal Transport By Road (E-Learning). Website lantra.co.uk Home /Training /E-learning / Animal Transport By Road (E-Learning). Lantra – England, Coventry. https://www.lantra.co.uk/product/34683

110. Virtual Farm Tours. Website farmvr.com. Home / What We Do / Virtual Farm Tours Think Digital /Adelaide, South Australia. https://farmvr.com/what-we-do-virtual-reality-augmented-reality-agriculture/virtual-tours/

111. EnvA – Enable future veterinarians to visit a farm in Virtual Reality. Website uptale.io. Home / Resources / Case studies / Health & Medical / EnvA – Enable future veterinarians to visit a farm in Virtual Reality. Uptale, SAS Paris,France. https://www.uptale.io/en/use-case/enva-enable-future-veterinarians-to-visit-a-pig-farm-in-virtual-reality/

112. About Virtual Farm Trips. Website virtualfarmtrips.com. Home / Important Links / About Us . Shift•ology Communication, USA. https://virtualfarmtrips.com/about-virtual-farm-trips/

113. Formolo, D., van der Wal, C.N. (2017). An Adaptive Simulation Tool for Evacuation Scenarios. Conference: Portuguese Conference on Artificial Intelligence. LNAI, volume 10423 Conference Paper in Lecture Notes in Computer Science · August 2017. Springer, Champ ps. 766–777. https://www.researchgate.net/publication/318998963_An_Adaptive_Simulation_Tool_for_Evacuation_Scenarios

114. Du WQ, Zhong X, Jiang RQ, Zong ZW, Jia YJ, Ye Z, Zhou XL. Animal model-based simulation training for three emergent and urgent operations of penetrating thoracic injuries. Chinese Journal of Traumatology. 2023 Jan;26(1): ps. 41-47. https://mednexus.org/doi/epdf/10.1016/j.cjtee.2022.07.004

115. Danilov O. Review of Farming Simulator 25. Website mezha.media. Boundary / Reviews / Review of Farming Simulator 25 17.11.2024 LLC “UP Media Plus” Kyiv, Ukraine. https://mezha.media/reviews/ohliad-farming-simulator-25-review/

116. Goodloading manual. Website goodloading.com. Home / About Goodloading /Manual. Goodloading Sp. z o. o., Wrocław, Poland. https://www.goodloading.com/en/manual/manual/

117. Manage your herd with the world’s leading Herd Management Software. Website vas.com. Home / Global /

DairyComp /Upload VAS Tular, USA, 2018. https://global.vas.com/wp-content/uploads/2018/06/dc305.pdf

118. Professional Farmer: Cattle and Crops. Website store.steampowered.com. Home / Категорії / Симулятори / Professional Farmer: Cattle and Crops. Masterbrain Bytes GmbH & Co. KG. Published by Toplitz Productions GmbH. 2020. https://store.steampowered.com/app/704030/Professional_Farmer_Cattle_and_Crops/

119. Weiner D., Kelleher T. Open VetSim Quick Start Guide. Cornell University College of Veterinary Medicine I-Town Design. Ithaca, USA, 07.11.2023 – 24 ps. https://mys.mapyourshow.com/mys_shared/iveccs2024/handouts/OpenVetSimQuickStartGuide.pdf

120. AgriSim : Revolutionize farming with AR land mapping and data-driven crop guidance for sustainable, high-yield agriculture. Website devpost.com Home / software / agrsim Devpost, 2025. https://devpost.com/software/agrsim

121. AnyLogic Cloud – web service for applying simulations operationally. Website anylogic.com. Home / Product / Cloud. AnyLogic Europe, France. https://www.anylogic.com/features/cloud/

122. Oca A., Cosmas A., Tunasar C., Shah K. Digital twins: The key to unlocking end-to-end supply chain growth. McKinsey & Company. 2024. https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/digital-twins-the-key-to-unlocking-end-to-end-supply-chain-growth

123. Ketzler, B., Naserentin, V., Latino, F., Zangelidis, C., Thuvander, L., Logg, A. "Digital Twins for Cities: A State of the Art Review." Built Environment, 46(4), 547-573 (2020). https://doi.org/10.2148/benv.46.4.547

124. Are you ready to make your supply chain thrive? Website oracle.com. Home / Products / Oracle Cloud Applications / Supply Chain & Manufacturing (SCM) / Cloud supply chain drives resilience and growth / Unify SCM and HR on one cloud. Oracle

Corporation 2025. https://www.oracle.com/a/ocom/docs/oracle-unified-scm-hcm-ebook.pdf

125. What is a business simulation? Website edu.ecosim.hu. Home / What is a business simulation? EcoSim Business Simulations, Budapest. https://www.edu.ecosim.hu/simulations_for_education

126. GPS моніторинг транспорту в Україні, кому це потрібно у 2024 році. Сайт Benish GPS (Zug, Швейцарія) , Україна. Головна / Блог / GPS моніторинг транспорту в Україні, кому це потрібно у 2024 році. м. Київ , 27.02.2024. https://benishgps.com/uk-ua/blog/gps-monitoryng-transportu-v-ukrayini-komu-cze-potribno-u-2024-roczi/

127. Кай О. Від оптимізації маршрутів до зменшення витрат: як IoT допомагає в логістиці. Сайт delo.ua. (медіаплатформа) Головна / Бізнес /IT та Телеком / Від оптимізації маршрутів до зменшення витрат: як IoT допомагає в логістиці, м. Київ, 19.04.2024. https://delo.ua/telecom/vid-optimizaciyi-marsrutiv-do-zmensennya-vitrat-yak-iot-dopomagaje-v-logistici-431320/

128. Зозуля О. Блокчейн у логістиці: цифрова безпека постачань. Головна /Архів блогу. 19.03.2025. https://blockchaininlogistics.blogspot.com/

129. Якимишин Л.Я. Інновації у логістиці: вплив технологій на ефективність та конкурентоспроможність підприємства. Маркетингові та логістичні технології: інновації для забезпечення ефективності бізнес-процесів / Б.А. Оксентюк [та ін.] ; за ред. к.е.н, доц. Б.А. Оксентюк. – Тернопіль: «Бескиди», 2024. – с. 88-98. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/46773/2/ColMon_2024_Iakimishin_L_Ia-Innovatsii_u_lohistytsi_88-98.pdf

130. TecnoDigital . Аналітика великих даних: революція в процесі прийняття рішень. Обкладинка / статті / Аналітика великих даних: революція в процесі прийняття рішень. InformaTecDigital.com. 21 січня 2024.

https://informatecdigital.com/uk/Аналіз-великих-даних-революціонізує-прийняття-рішень/

131. Юрчук Н. П., Кіпоренко С. С. Розвиток технологій Big Data в умовах цифрових трансформацій. Агросвіт. 2021. № 9–10. С. 60–68. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.9-10.60 2.

132. Julien Florkin. ШІ в логістиці: 9 дивовижних розділів про те, що штучний інтелект змінює індустрію. https://julienflorkin.com/uk/операції/логістика/AI-в-логістиці/

133. Фалович Н. Впровадження штучного інтелекту в логістиці: майбутнє логістичної галузі / Наталія Фалович, Олександр Дубчак // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Маркетингові технології підприємств в сучасному науково-технічному середовищі», 30 листопада 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — с. 143–144. — (Інноваційні логістичні технології на підприємствах транспорту і промисловості). http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44609

134. WMS система: як це працює? Головна / Блог / WMS система: як це працює? Сайт "Склад Сервіс Київ" 24.03.2020. https://ssk.ua/ua/blog/wms-sistema-kak-eto-rabotaet-501

135. Крос докинг. Головна / глосарій / Крос докинг. Logos Logistics website. Romulus, Michigan, USA. https://www.logos3pl.com/uk/glossary/cross-docking/

136. 10 нових технологій у секторі логістики у 2025 році. Головна / Блог /10 нових технологій у секторі логістики у 2025 році. Logos Logistics website. Romulus, Michigan, USA. https://www.logos3pl.com/uk/blog/10-emerging-technologies-in-the-logistics-sector-in-2025/

137. Дзісь О. В. Роль цифрових технологій у підвищенні економічної безпеки аграрних підприємств / О. В. Дзісь // Тези V міжнародної конференції „ Цифрова економіка: інновації та сталий розвиток“, 28-29 листопада 2024 року. — Т. : ТНТУ, 2024. — с. 26–28. http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/47071

138. Корнєєв Д. Тренди логістики у 2025 році. Маркетингове агентство МАВР, сайт. Головна / Статті з маркетингу / Тренди логістики у 2025 році., м.Харків 27.03.2024. https://vlada-rykova.com/trendy-logistyky-u-2024-roczi/

139. Що таке SaaS сервіс простими словами. Сайт wezom.com.ua. Головна /Блог/ Web/ Що таке SaaS сервіс простими словами. м.Київ , 01.05.2023. https://wezom.com.ua/ua/blog/saas-prilozheniya

140. Gaia-X: хто і як створює європейську хмару майбутнього. Сайт gigacloud.ua Головна / Блог /Статті / Gaia-X: хто і як створює європейську хмару майбутнього, м.Львів, 25.03.2025. https://gigacloud.ua/articles/gaia-x-hto-i-yak-stvoryuye-yevropeysku-hmaru-maybutnogo/

141. Korniietskyi Olexander, Orel Volodymyr, Reznik Nadiia. Model of the concept of restoration of warehouse logistics of cattle breeding in the de-occupied territories of Ukraine. Monographic series «European Science» Book 31. Part 2. (2024) Karlsruhe, Germany, p.116-125. https://desymp.promonograph.org/index.php/sge/article/view/sge31-00-034/2098

142. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України.Закон України від № від 5 жовтня 2017 року № 2163-VIII . Редакція від 20.04.2025, підстава - 4336-IX / Верховна Рада України. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19#Text

143. Вивчаємо оновлені міжнародні стандарти серії ISO 27000 з управління інформаційною безпекою. Сайт Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. Головна / Про університет / Новини та події / Навчально-науковий інститут кібербезпеки та захисту інформації / Кафедра Управління кібербезпекою та захистом інформації / Вивчаємо оновлені міжнародні стандарти серії ISO 27000…., м. Київ ,01.11.2023. https://duikt.edu.ua/ua/news-1-611-11704-vivchaemo-onovleni-mizhnarodni-standarti-serii-iso-

27000-z-upravlinnya-informaciynoyu-bezpekoyu_kafedra-upravlinnya-informaciynoyu-ta-kibernetichnoyu-bezpekoyu?utm_source

144. Васильців Н. Трансформація та адаптація логістики в умовах воєнного стану. № 55 (2023): Економіка та суспільство. м. Одеса, 26.09.2023. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-78

145. Hashem N.M., González-Bulnes A. and Rodriguez-Morales A.J. (2020) Animal Welfare and Livestock Supply Chain Sustainability Under the COVID-19 Outbreak: An Overview. Frontiers in Veterinary Science , Sec. Veterinary Epidemiology and Economics, Volume 7 – 15 October 2020. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.582528

146. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. FAO, Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO - 222 ps. https://doi.org/10.4060/ca1201en

147. Petrova N., Genchev E. Models in Supply Chain Management in Animal Husbandry. Trakia Journal of Sciences, Vol. 19, Suppl. 1, 2021, ps. 154-158. https://sf-conference.eu/wp-content/uploads/2024/06/6.NP_.pdf

148. Baker D., Jackson E.L. and Cook S. (2022) Perspectives of digital agriculture in diverse types of livestock supply chain systems. Making sense of uses and benefits. Frontiers in Veterinary Science. Sec. Veterinary Epidemiology and Economics, Volume 9 - 02 December 2022. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.582528

149. Beth Stackpole. How is the war in Ukraine impacting the global supply chain? europeansting.com . Home / Economy / Markets / How is the war in Ukraine impacting the global supply chain? The European Sting. MIT Center for Transportation and Logistics, EU. July 6, 2022. https://europeansting.com/2022/07/06/how-is-the-war-in-ukraine-impacting-the-global-supply-chain

150. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2023. Sustainable livestock transformation – A vision for FAO's work on animal production and health. FAO, Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO - 24 ps. https://doi.org/10.4060/cc7474en

151. Supply chain operations reference. en.wikipedia.org., 7 Oct 2024. https://en.wikipedia.org/wiki/Supply_chain_operations_reference

152. Ayers, J.B. (2006). Handbook of Supply Chain Management (2nd ed.). Auerbach Publications. New York, U.S., 24 April 2006 - 640 ps. https://doi.org/10.1201/9781420013009

153. Khusna A., Muzayyanah M.A.U., Kusumastuti T.A., Putra A.R.S. Comprehensive analysis of supply chain risk in the goat milk industry in east java: Scor - fmea approach. Advances in Animal and Veterinary Sciences, Vol. 13, iss. 2, January 10, 2025, Yogyakarta , Indonesia; ps. 217-230. https://researcherslinks.com/current-issues/Comprehensive-Analysis-of-Supply-Chain/33/1/10415/html

154. Mohsen, B. M., & Mohsen, M. AI-Driven Prediction of Greenhouse Gas Emissions in Livestock Supply Chains: Towards a Data-Driven Model for Sustainable Agri-food Systems. Journal of Computational and Cognitive Engineering. Bon View Publishing, 26 Sept 2025, Vol. 00(00) 1-7. https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE52025984

155. Ozger Z.B., Cihan P., Gokce E. A systematic review of IoT technology and applications in animals. vetdergikafkas.org. Home / Archive / 2024 / Issue 4 / Pages 411-431. Kafkas University, Faculty of Veterinary Medicine, 30 (4). ps. 411-431, 2024. https://doi.org/10.9775/kvfd.2024.31866

156. Teimoury E, Jabbarzadeh A, Babaei M (2017) Integrating strategic and tactical decisions in livestock supply chain using bi-level programming, case study: Iran poultry supply chain. plos.org. Home/ Open Science / Research journals / PLoS ONE

(plos.org) 12(10): e0185743. October 5, 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185743

157. Ajlal Habib. How ERP Transforms Agriculture Supply Chain Management? – A Complete Guide. agtech.folio3.com. Home / Resources / Blogs / How ERP Transforms Agriculture Supply Chain Management? Folio3 AgTech. August 4, 2025. https://agtech.folio3.com/blogs/how-erp-improves-agriculture-supply-chain

158. Bottani E, Tebaldi L, Casella G, Mora C. Key Performance Indicators for Food Supply Chain: A Bibliometric and Systematic Literature Review. Applied Sciences. Italy, 1 April 2025; Volume 15, issue 7: 3841. – 35 ps. https://doi.org/10.3390/app15073841

159. Kotykova, O., Babych, M., Pohorielova, O., & Nadvynychnyy, S. (2024). Livestock production losses in Ukraine: economic damages caused by the war. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E - Journal, 20 Dec 2024, Vol. 10, No. 4, ps. 74–100. https://doi.org/10.51599/are.2024.10.04.04

160. Plant-based Foods Market to Hit $162 Billion in Next Decade, Projects Bloomberg Intelligence. bloombergmedia.com Home / Press / Plant-based Foods Market Bloomberg L.P, Bloomberg Intelligence (BI), New York , August 11, 2021. https://www.bloomberg.com/company/press/plant-based-foods-market-to-hit-162-billion-in-next-decade-projects-bloomberg-intelligence

161. Benoit Dedieu, Sandra Contzen, Ruth Nettle, Sandra Mara de Alencar Schiavi, and Mohamed Taher Sraïri. The Multiple Influences on the Future of Work in Agriculture: Global Perspectives. Frontiers in Sustainable Food Systems. Sec. Social Movements, Institutions and Governance. Volume 6, 23 June 2022. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.889508

162. Mickley, L.D., & Fox, M.W. (1986). The case against intensive farming of food animals. In M.W. Fox & L.D. Mickley (Eds.), Advances in animal welfare science. Washington, DC: The

Humane Society of the United States., 1986/87 ps. 257-272. https://www.wellbeingintlstudiesrepository.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=acwp_faafp

163. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) . Livestock transportation and slaughter practices. – Practical guidelines for Asia and the Pacific region. FAO, Bangkok, Thailand, 2023 – 63 ps. https://doi.org/10.4060/cc6002en

164. Faucitano L. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. Journal of Animal Science, Vol. 96, Iss. 2, Feb 2018, ps. 728–738. https://doi.org/10.1093/jas/skx064

165. Farm Animal Welfare Advisory Council (FAWAC). Best Practice for the Welfare of Animals during Transport. Animal Health and Welfare Division Agriculture House . Dublin, Sept 2007 – 24 ps. http://www.fawac.ie/media/fawac/content/publications/animalwelfare/BestPracticeWelfareAnimalsTransport.pdf

166. Ogawa Natália Nami, Giovanna Lima Silva, Ana Paula Ayub da Costa Barbon, Karina Keller Marques da Costa Flaiban, Caio Abercio da Silva, Luiene Moura Rocha, and Ana Maria Bridi. Animal Welfare Assessment and Meat Quality through Assessment of Stress Biomarkers in Fattening Pigs with and without Visible Damage during Slaughter. Animals 14, № 5 : 700, Brazil. https://doi.org/10.3390/ani14050700

167. Melissa K. Davis, Paxton A. Sullivan, Ann M. Hess, Mahesh N. Nair, Daniel F. Mooney, Lily N. Edwards-Callaway, An analysis of the influence of preslaughter management factors on welfare and meat quality outcomes in fed beef cattle in the United States, Translational Animal Science, Vol. 8, 2024, txae108. https://doi.org/10.1093/tas/txae108

168. BDO. Птахівництво в Україні: поточний стан, історичні показники і прогнози. bdo.ua Головна / У фокусі / Інформаційні матеріали / 2024 / Птахівництво: стан ринку, прогнози і можливості для експорту / BDO в Україні, Київ,

24 грудня 2024. https://media-eur.gwt.bdo.global/cmslibrary/Ukraine/media/bdo/Insight%20promos/Insights/New%20from%20Agust%202023/Poultry-Farming_ukr.pdf

169. Славянська В. Галузь під тиском. agrotimes.ua. Головна / Інтерв'ю / Галузь під тиском. Наше Птахівництво, м. Київ, 1 жовтня 2025. https://agrotimes.ua/interview/galuz-pid-tyskom/

170. Jagtap S., Trollman H., Trollman F., Garcia-Garcia G., Parra-López C., Duong L., Martindale W., Munekata P.E.S., Lorenzo J.M., Hdaifeh A., Hassoun A., Salonitis K., Afy-Shararah M. The Russia-Ukraine Conflict: Its Implications for the Global Food Supply Chains. Foods. Jul 14 2022; Vol.11, Iss.14:2098. https://doi.org/10.3390/foods11142098

171. Monica Schuster, Ibrahima Diouf, Small farm enterprises amid war in Ukraine: Disruption channels and resilience patterns, European Review of Agricultural Economics, European Agricultural and Applied Economics Publications, 15 Oct 2025; jbaf032. https://doi.org/10.1093/erae/jbaf032

172. Матюха І. Занепад чи трансформація: що чекає на українське свинарство, коли ринок змінюється. agro-business.com.ua Головна / Тваринництво / Нове свинарство / Занепад чи трансформація, ТОВ "Аграрне видавництво" - Агробізнес Сьогодні, Київ, 12 червня 2025. https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/32771-zanepad-chy-transformatsiia-shcho-chekaie-na-ukrainske-svynarstvo-koly-rynok-zminiuietsia.html

173. Стан тваринництва в Україні: виклики, адаптація та перспективи на майбутнє. unava.kiev.ua Home / Тваринництво / Стан тваринництва в Україні: виклики, адаптація та перспективи на майбутнє. UnavaFeed, Київ, 2025. https://unava.kiev.ua/stan-tvarynnycztva-v-ukrayini-vyklyky-adaptacziya-ta-perspektyvy-na-majbutnye

174. Українське тваринництво та переробка — реалії 2023 року та перспективи 2024 і наступних років. bizmart.info Головна / Корисні статті, аналітика, публікації / Огляди, аналітика, публікації / Українське тваринництво та переробка, BizMartInfo, 16.01.2024. https://bizmart.info/publications/publications/pub_obz/6294

175. Afnan, I., Rudi Afnan, & Niken Ulupi. (2025). Factors causing weight loss and death of broiler chickens during the transportation process : Veterinary Integrative Sciences, Vol. 24. № 1: 1–12, May 7, 2025. https://doi.org/10.12982/VIS.2026.016

176. Food and Agriculture Organization of the United Nations , 2023. Ukraine: Impact of the war on agricultural enterprises – Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares, FAO, January–February 2023. Rome. – 34 ps. https://doi.org/10.4060/cc5755en

177. Carrasco-García A.A., Pardío-Sedas V.T., León-Banda G.G., Ahuja-Aguirre C., Paredes-Ramos P., Hernández-Cruz B.C., Murillo V.V. Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS) 2020; 33(10): 1656-1665. Jan 13, 2020. https://doi.org/10.5713/ajas.19.0804

178. Harini Shree Bhaskaran, Miriam Gordon, Suresh Neethirajan Development of a cloud-based IoT system for livestock health monitoring using AWS and python. Smart Agricultural Technology, Elsevier B.V, Vol: 9, Dec 2024, ps:100524. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100524

179. MODISAR - платформа точного тваринництва (PLF). 23 січ. 2023. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.modisarinc.Modisar&hl=uk

180. Корнієцький О.В., Орел В.М Шляхи відновлення логістики тваринництва на деокупованих територіях України. Український журнал прикладної економіки та техніки, Тернопіль, 2024 рік, вип.2, с. 208-213. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-2-35

181. Солона О.В., Скоромна О.І., Огороднічук Г.М. Застосування цифрових технологій у галузі тваринництва. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2023. № 4 (123), с. 43-50. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-4-5

182. Godde C.M., Mason-D'Croz D., Mayberry D.E., Thornton P.K., Herrero M.. Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. Global Food Security, Vol. 28, March 2021,100488. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488

183. Karan E.P., Asgari S., Asadi S. Resilience assessment of centralized and distributed food systems. Food Security (2023); Vol.15(1): ps.59-75. 27 Sept 2022. https://doi.org/10.1007/s12571-022-01321-9

184. Stevenson Matthew, Fukumoto Glen. A Review of Mobile/Modular Slaughter and Processing Technology. hicattle.org. Home / Resources / Hawaii Grazer Resources / University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources information / A Review of Mobile/Modular Slaughter and Processing Technology, University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Food Safety and Technology, FST-44 - June 2011. https://www.hicattle.org/Media/HICattle/Docs/a-review-of-mobile-modular-slaughter-and-processing-technology.pdf

185. Doitchinova J., Stoyanova Z. Regional Aspects of Transformations in Agriculture: The Case of the Republic of Bulgaria. Sustainability**,** 06 Dec 2024; Vol. 16, iss. 23:10711. https://doi.org/10.3390/su162310711

186. Manikas I., Malindretos G., Moschuris S. A Community-Based Agro-Food Hub Model for Sustainable Farming. Sustainability; 15 Feb 2019, Vol. 11, iss. 4 :1017. https://doi.org/10.3390/su11041017

187. Smith J.M., Saegerman C., Vaillancourt J.P. Editorial: Promoting compliance with biosecurity in animal production.. Frontiers in Veterinary Science, Sec. Veterinary Humanities and

Social Sciences, 2023 Jun 1; Vol.10 :1215433. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1215433

188. Raut, R.; Shrestha, R.; Adhikari, A.; Fatima, A.; Naeem, M. Revolutionizing Veterinary Vaccines: Overcoming Cold-Chain Barriers Through Thermostable and Novel Delivery Technologies. Applied Microbiology, Vol. 5, iss 3. 2025. https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5030083

189. Philip G. Chambers, Temple Grandin. Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock Food and Agriculture Organization of the United Nations, RAP Publication, Regional Office for Asia and the Pacific, 2001/4 – 92 ps. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/40337415-7852-4f37-adf1-16a38f726f74/content

190. Держпродспоживслужба та Громадська рада обговорили створення електронної системи eFood. Сайт Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту, м.Київ, 09 вересня 2025 року. https://dpss.gov.ua/news/ derzhprodspozhyvsluzhba-ta-hromadska-rada-obhovoryly-stvorennia-elektronnoi-systemy-efood

191. Вдовенко Н. М., Грищенко Н. П., Шепелєв В. С. Регулювання ринку свинини України в умовах євроінтеграції: [монографія]. Видавничий дім «Кондор», 2017. 372 с. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u204/2017_monogr_sviny.pdf

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

КОРНІЄЦЬКИЙ Олександр Владиславович
ОРЕЛ Володимир Миколайович
КРАСНОРУЦЬКИЙ Олексій Олександрович
БОГДАНЮК Ігор Васильович

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИКОЮ ТВАРИННИЦТВА В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

Монографія

Підписано до друку 22.04.2026 р. Формат 60x84/16. Друк цифровий.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 14,2. Обл.-вид. арк. 14,2.
Наклад 300 прим.

ТОВ «Видавничий дім «Право»,
вул. Харківський Дивізій, 11/2, м. Харків, Україна
Для кореспонденції: а/с 822, м. Харків, 61023, Україна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 8024 від 05.12.2023

Виготовлено ТОВ «Промарт»,
вул. Весніна, 12, Харків, 61023, Україна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5748 від 06.11.2017