

УДК 636.2.034.083.084:502.3:504.5(4-11)

АКТУАЛЬНІСТЬ ПИТАНЬ КЛІМАТИЧНО ОРІЄНТОВАНОГО ТВАРИННИЦТВА ЗА ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПІВ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ У ЄВРОПІ (оглядова)

Р. Л. Сусол

Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН
вул. Шведська Могила 1, м. Полтава, Україна, 36009
<https://ror.org/00r693281>

Сусол Р. Л. ✉
r.susol@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0003-2395-1282>

Рукопис надійшов/
Manuscript was received
02.10.2025
Після рецензування/
Received after review
16.10.2025
Прийнято до друку/
Accepted for printing
31.10.2025
Доступно онлайн/
Available online
30.12.2025

Декларування конфлікту інтересів:
Не потрібно

Етичне схвалення:
Не застосовується



Attribution License 4.0 International
(CC BY 4.0)



У статті підсумовано сучасні знання про вплив кліматичних змін на тваринництво, доступні адаптаційні та пом'якшувальні заходи («Climate-Smart Livestock»), регіональні виклики для Східної Європи та пріоритети науково-практичної політики. **Мета роботи** полягала у проведенні ретельного літературного аналізу з пошуку профілактики потенційних наслідків глобального потепління на прикладі інших країн, де наявна ця проблема, задля розробки вітчизняної моделі адаптованих технологій ведення тваринництва в умовах посушливих регіонів Півдня, Сходу та Центру України. **Узагальнені рекомендації для політики та практики:** інвестувати у «низьковитратні» інфраструктурні заходи; забезпечення тварин достатньою кількістю води з різних джерел (в т. ч. збір та збереження дощової води), елементарне застосування тінювих навісів для тварин, використання вентиляторів. Все це забезпечує відносно швидкий ефект для фермерів з обмеженим капіталом; впровадження інноваційних підходів до годівлі тварин (повнозмішані раціони, спеціальні добавки до раціону), що одночасно підвищує їх продуктивність і знижує емісії парникових газів; фінансова підтримка генетичних програм та інформаційні кампанії щодо адаптивних порід; розвиток систем моніторингу (клінічне спостереження, сенсори, погодні служби) для оперативного реагування, тобто ведення «точного тваринництва» й впровадження інновації на основі даних для адаптації тваринництва до зміни клімату; навчання персоналу, населення, мешканців громад інноваційним практикам ведення тваринництва в умовах глобального потепління задля їхнього поширення; підтримка досліджень в реаліях Східної Європи та в умовах України, яка входить до її складу – розробка пілотних проектів з подальшим їх масштабуванням на рівні держави, оцінка ефективності подібних заходів та проведення ретельного економічного аналізу. Як один із прикладів – наукова робота лабораторії молочного скотарства Інституту свинарства та АПВ (м. Полтава, Україна), що спрямована саме на кліматично орієнтоване тваринництво. **Ключові слова:** глобальне потепління, тваринництво, тепловий стрес, фізіологічні наслідки, кормовиробництво, годівля, водні ресурси, ризики захворювань, соціально-економічні наслідки, кейси адаптації

Для цитування (за ДСТУ 8302:2025):

Сусол Р. Л. Актуальність питань кліматично орієнтованого тваринництва за підвищення темпів глобального потепління у Європі (оглядова). *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2025. Вип. 5–6(83–84). С. 164–183. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2025-5-6\(83-84\)11](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2025-5-6(83-84)11)

Вступ. Питання глобального потепління в умовах сьогодення набувають обертів з кожним наступним десятиліттям. Агровиробництво є одним із вагомих секторів національної економіки багатьох країн світу та водночас воно є й найбільш вразливим до змін клімату [1–3].

Кліматичні зміни стосуються всього світу в цілому, й особливо країн, що знаходяться в низьких широтах – частини Африки, Південної Америки, Південно-Східної Азії, а також частини Північної Америки й Океанії. Останнім часом ця проблема загострюється і в європейських країнах, особливо в Східній Європі [4], через низку специфічних особливостей:

- помірний клімат із помітними регіональними відмінностями (від континентального до морського), що дає і ризики (спеки, посухи) і потенціал для адаптації через різноманіття систем виробництва [5];

- часто нижчий рівень інвестицій у фермерські господарства й інфраструктуру, порівняно з ЄС на заході. Це, своєю чергою, обмежує швидкість впровадження технологій [6, 7].

Проте варто зосередитись і на певних перевагах окремих країн Східної Європи, що полягають у наявності пасовищ, традиційних знань щодо ведення тваринництва, з урахуванням специфіки своїх регіонів, потенційних можливостей кооперації [8] та інтеграції щодо різноманітних програм підтримки (гранти, міжнародні проекти тощо) [6, 7].

Найреальніша подальша стратегія розвитку аграрного виробництва та галузі тваринництва, зокрема для регіону Східної Європи – це поєднання короткострокових і довгострокових заходів. До них належать методи забезпечення поліпшених умов утримання тварин внаслідок використання тінювих навісів або вентиляторів, удосконалення годівлі й паралельно – впровадження спеціалізованих генетичних програм селекції тварин на теплову толерантність, поступове масштабування біогазових (компостних) технологій перероблення органічних відходів ферм [9, 10].

Глобальне потепління створює посилений тиск на аграрний сектор у регіонах з помірним кліматом, включно із країнами Східної Європи. Вчені наголошують, що підвищення температур і зміни режимів опадів уже впливають на продуктивність тваринництва як безпосередньо, через загострення явища теплового стресу, збільшення рівня смертності продуктивного поголів'я, зниження показників відтворення та продуктивності (проблема теплового стресу надзвичайно актуальна в регіонах, де погода характеризується високими літніми температурами та вологістю), так і опосередковано – через зміни в кормовій базі, водозабезпеченні й поширенні хвороб [11–13].

Різноманітні світові організації, на кшталт FAO, що опікуються питаннями продовольчої безпеки, формулюють концепцію *Climate-Smart Livestock* (Кліматично орієнтованого тваринництва) – підходу, що поєднує адаптацію теперішніх технологій у тваринництві до кліматичних змін та зниження негативного впливу тваринництва, зокрема вуглецевого сліду, при збереженні екологічного балансу та продовольчої безпеки [8].

Негативний вплив високих температур навколишнього середовища на тварин, що раніше вважався обмеженим тропічними районами, поширився на північні широти у відповідь на підвищення глобальної температури. Кількість днів, коли індекс температури та вологості (THI) перевищує поріг комфорту (>72), збільшується в північних штатах США, Канаді та Європі [14].

Східна Європа (включно з частинами Балкан, Україною, Молдовою, Румунією та деякими іншими країнами) відчуває суттєве пом'якшення зим, збільшення частоти теплових хвиль і зміну структури опадів, що поєднується із соціально-економічними викликами (слабша інфраструктура, обмежені можливості інвестування у модернізацію ферм) – це підсилює уразливість сектору. Відома інформація щодо окремих екстремальних подій у цьому ракурсі. Наприклад, зафіксовано негативний вплив спекотних посух на Балканах у 2024–2025 рр. на забезпечення великої рогатої худоби та коней питною водою. При цьому через сильну посуху понад 1000 корів і коней залишилися без води в горах на південному сході Сербії, що змусило владу організувати екстрене доставлення запасів води для тварин [15].

На жаль, в умовах сьогодення стосовно питань наслідків зміни клімату, адаптації до них сільського господарства та тваринництва зокрема, ще є багато невиявлених прогалин, які й визначають пріоритетні напрями досліджень у цьому аспекті [11]. До них належать:

- регіонально орієнтовані дані: бракує довготривалих серій моніторингу у Східній Європі, що ускладнює прогнозування локальних впливів;

- оцінка ефективності заходів у реальних умовах фермерських господарств: необхідно провести більше науково-господарських експериментів для порівняння економічної доцільності різних варіантів адаптивних технологій;

- дослідження комбінованих комплексних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва на одній фермі;

- інтеграція адаптивних технологій ведення тваринництва, що одночасно зменшують викиди парникових газів та підвищують стійкість тварин до підвищених температур. Це потребує подальшої валідації з об'єктивними доказами;

- розробка систем раннього попередження і вакцинопрофілактика щодо нових ризиків захворювань;

- вивчення впливу глобального потепління на моногастричних тварин та розробка відповідних адаптивних технологій;

- недостатнє представлення кількісних методів, включаючи моделі впливу на врожайність.

При цьому вкрай важливо, щоб в умовах сьогодення науковцями й практиками були проведені спільні дослідження, що комплексно розглядають зміни клімату та адаптивні технології виробництва продукції тваринництва, щоб чітко визначити політичні наслідки та ефективно спрямувати світову/державну підтримку на конкретні потреби адаптації технологій в аграрному секторі до негативного впливу глобального потепління, що, своєю чергою, буде забезпечувати чимраз більший попит на продукти тваринного походження [11].

Україна входить до Східної Європи й певна частина її території потерпає, в тому або іншому ступені, від проблеми зростаючого глобального потепління [16, 17], яке впливає на сільське господарство в цілому та на розвиток тваринництва зокрема у цих регіонах.

Мета роботи полягала у проведенні ретельного літературного аналізу з пошуку профілактики потенційних наслідків глобального потепління на прикладі інших країн, де існує ця проблема, задля розробки вітчизняної

моделі адаптованих технологій ведення тваринництва в умовах посушливих регіонів Півдня, Сходу та Центру України.

Варто узагальнити та комплексно розглянути відомі науці та практиці наслідки впливу кліматичних змін в плані глобального потепління:

- тепловий стрес і його фізіологічні наслідки для тваринництва;
- вплив на зміну кормової бази, раціони годівлі та водні ресурси;
- підвищення ризиків захворювань і паразитарних навантажень;
- соціально-економічні наслідки впливу глобального потепління на галузь тваринництва;
- визначення практичних кейсів адаптації тваринництва до кліматичних змін.

Методи досліджень. У роботі використано методи систематичного аналізу та узагальнення наукових джерел, бібліометричного аналізу публікацій баз даних *Scopus* і *Web of Science*, порівняльно-аналітичний та контент-аналіз. Відбір літератури здійснювали відповідно до тематичних ключових слів і часових обмежень.

1. Тепловий стрес і його фізіологічні наслідки.

Підвищення температури повітря, що суттєво перевищує верхню межу зони термонеутральності (16 –18 °С для більшості видів повновікових сільськогосподарських тварин і птиці), а особливо у поєднанні з підвищеною вологістю, призводить до теплового стресу у тваринництві та птахівництві, що виявляється у зменшенні споживання корму, погіршенні конверсії корму, зниженні надоїв у тварин маточного стада, зменшенні приростів відгодівельного або ремонтного молодняка різних видів тварин і птиці, зниженні плодючості та підвищенні рівня летальних випадків за пролонгованої дії даного негативного чинника. Емпіричні та оглядові дослідження підтверджують високий рівень доказовості впливу теплового стресу на продуктивність тварин [18].

Методи профілактики негативної дії теплового стресу у молочному скотарстві [19, 20] включають вдосконалення систем утримання із застосуванням систем охолодження, корегування раціонів годівлі з урахуванням диференційованих потреб під час теплового стресу, поліпшення репродуктивних показників за допомогою методів синхронізованого осіменіння, застосування подовженого світлового дня для максимізації показників продуктивності й відтворення. Визначення того, що адаптація тварин до теплового стресу є гомеостатичним процесом, який контролюється ендокринною системою, відкриває нові можливості для використання гормональної регуляції, як засобу підвищення теплової толерантності. Необхідними є додаткові дослідження, спрямовані на пошук шляхів зниження енергетичних витрат на утримання та охолодження тварин під час теплового стресу. Також треба продовжувати роботу з розробки методів поліпшення репродуктивної здатності та харчового статусу тварин, що зазнають теплового стресу [19].

Тепловий стрес не лише негативно впливає на здоров'я та біологічні функції молочних корів, знижуючи виробництво молока та погіршуючи репродуктивну функцію. Є й інша сторона цієї проблеми – погіршення «емоційного» стану молочних корів, зумовленого почуттям голоду та спраги.

Тому науковці, що займаються вивченням цього питання, вказують на

необхідність проведення досліджень з визначення потенційного зв'язку між тепловим стресом й стражданням, агресією та болем у тварин [14].

Зауважимо, що впровадження цифрових технологій все частіше застосовується у секторі тваринництва. Нині одним з найбільш актуальних питань молочного скотарства залишається своєчасне виявлення та оцінка наслідків теплового стресу задля розробки потенційних моделей, інструментів і систем підтримки прийняття раціональних рішень з профілактики та розв'язання цього питання [21]. Для своєчасного виявлення теплового стресу тварин використовують спеціалізовані сенсори, датчики збору інформації з подальшим впровадженням методів нівелювання негативної дії теплового стресу через раціональні кормові стратегії та створення оптимізованих умов утримання [22].

Комплексне дослідження впливу індексу теплового стресу (ТНІ) на корів голштинської породи, вирощених у Середземноморському регіоні, підтверджує його негативний вплив на продуктивність тварин. При цьому негативні наслідки впливу високого ТНІ є більш тривалими, ніж загальноприйняті 2–4 дні. Крім того, встановлено, що порівняно із первістками, повновікові корови є більш чутливими до теплового стресу, і зниження надоїв з цієї причини може досягати 1 кг/добу [23].

Кондуктивне охолодження ефективно зменшує тепловий стрес у корів молочних порід у період лактації. Так, при охолодженні корів кондуктивно водою температурою 4,5 °С, температура їх тіла знижувалася на 1,0 °С, частота дихання зменшувалася на 18 ударів у хвилину, надої молока збільшувалися на 5 %, а споживання сухої речовини корму зростало на 14 % порівняно з тваринами контрольної групи. Ректальна температура була на 0,3 °С нижчою, за охолодження корів водою, що циркулює, з температурою 4,5 °С проти води з температурою 10 °С [24].

Висока температура навколишнього середовища в умовах посушливого клімату та проблеми глобального потепління, що наростає, чинять негативний вплив на здоров'я та продуктивність не лише жуйних, а й моногастричних тварин – сільськогосподарської птиці яєчного та м'ясного напрямів продуктивності [25, 26], свиней [9], викликаючи тепловий стрес. У наслідок чого відбуваються фізіологічні, поведінкові й продуктивні зміни моногастричних тварин. Тому контроль температури у виробничих приміщеннях для цих галузей є доволі критичним.

2. Вплив змін клімату на кормову базу і водні ресурси.

Нині все ще існують значні прогалини у розумінні та характеристиці впливу кліматичних змін в Європі. Під час проведення аналізу щодо прогнозів зміни клімату на 2050 р. з урахуванням сценарію RCP8,5, що передбачає найвищий рівень радіаційного форсингу у 8,5 Вт/м² з відповідним рівнем глобального потепління від 1,6 °С до 2,7 °С порівняно з доіндустріальним рівнем (1750 р.), а також для умов потепління на 1,5 °С та 2 °С, встановлено, що зміна клімату становитиме загрозу для глобального виробництва продовольства в середньо- та довгостроковій перспективі, і що Європа також зазнає цього негативного впливу. Під впливом прогнозованих змін добової температури, кількості опадів, вітру, відносної вологості та глобального випромінювання, врожайність кукурудзи в ЄС знизиться на 1–22 %. Також очікується зниження на 49 % врожайності пшениці в Південній Європі. Однак у Північній Європі певні негативні наслідки зміни

клімату для аграрного сектору можуть бути частково компенсовані вищими рівнями концентрації CO₂ в атмосфері та зміною режиму опадів. Збитки, особливо в Південній Європі, можуть бути зменшені шляхом індивідуальних стратегій адаптації, наприклад, зміною сортів і типів культур, що вирощуються, збільшенням та вдосконаленням методів зрошення для певних культур, якщо це економічно доцільно. Однак обмеження рівнів сталого водозабору може стати перешкодою для збільшення рівнів зрошення, особливо в середземноморських країнах (зокрема в Іспанії, Португалії, Греції, Кіпрі, Мальті, Італії та Туреччині), де, за прогнозами, проблема дефіциту води в умовах глобального потепління посилиться.

Значний негативний вплив кліматичних змін на рівень продуктивності сільського господарства прогнозується і за межами ЄС. Це сприятиме зростанню виробництва як у Північній, так і в Південній Європі через підвищений попит на деякі сільськогосподарські товари за межами ЄС, що призведе до зростання цін виробників й, своєю чергою, може позитивно вплинути на доходи фермерів та рівень експорту сільськогосподарської продукції з ЄС. Однак низка обмежувальних факторів, таких як посилення дефіциту води в Південній Європі, обмеження можливостей до розширення зрошення, посилення впливу теплових хвиль та посух, наслідки скорочення використання поживних речовин через екологічні обмеження потребують подальшої оцінки [27].

Кліматичні зміни знижують нині й надалі будуть продовжувати знижувати як врожайність традиційних для Європи кормових культур, так і їхню якість (менше білка, більше лігніну), що потребує змін у раціонах годівлі тварин і підвищує витрати на імпорт кормів або концентратів. Питання дефіциту води й зменшення водності джерел загострюються під час посух, що є критичним для галузі тваринництва [28].

Зміни клімату в плані глобального потепління мають негативніший вплив на ведення тваринництва саме дрібними фермерами, навіть в середземноморських умовах [12].

3. Ризики захворювань і паразитарних навантажень.

Глобальне потепління сприяє розширенню ареалів переносників захворювань (щурі, миші, комахи, кліщі), зростанню швидкості розвитку патогенів (бактерії, гриби, віруси тощо) та імовірності нових непередбачуваних епідеміологічних сценаріїв. Це підсилює потребу в інноваційних підходах щодо ветеринарного моніторингу та швидких діагностичних системах, розробки покращених методів профілактики розповсюдження інфекційних та інвазійних захворювань [29–31].

Прямий вплив кліматичних змін через глобальне потепління має прояв у змінених погодних умовах, тоді як непрямий вплив полягає у зміні якості води, повітря та кормів, екології переносників інфекцій, змінах в екосистемах, сільському господарстві та умовах населених пунктів. Крім того, додатковий непрямий вплив може бути наслідком соціальних та економічних змін. Для оцінки того, наскільки критичним глобальне потепління може бути з огляду на загрозу для здоров'я населення, були розглянуті наслідки декількох сценаріїв: спалах малярії, дефіцит води, їжі, кормів та затоплення прибережних територій. Дефіцит води часто пов'язаний з антисанітарними умовами водопостачання, що є вже серйозним негативним впливом кліматичних змін на здоров'я, наприклад через діарейні захворювання [32].

Для ефективного втілення у життя необхідних заходів з покращення профілактики хвороб, спрямованих на зменшення ступеня поширення переносників інфекцій у сільськогосподарських, домашніх і диких тварин в умовах Південної Америки, науковцями та практиками, внаслідок комплексного підходу ветеринарів, метеорологів, епідеміологів, біологів та екологів разом з працівниками місцевих громад запропоновано поліпшити звітність щодо моніторингу захворюваності тварин в розрізі впливу кліматичних змін, зумовлених глобальним потеплінням [33].

4. Соціально-економічні наслідки впливу глобального потепління на тваринництво.

Дефіцит кормів та води, спричинений глобальним потеплінням, призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських тварин різних видів, і насамперед жуйних тварин, що найбільше страждають при цьому, оскільки є більш залежними від кількості та якості грубих і соковитих кормів. Як результат, фермери втрачають доходи, підвищується ризик припинення діяльності низки таких господарств, або відбувається вимушене скорочення стада, а в окремих випадках й забій цінних тварин племінного призначення і т. д. Крім того, елементарне підвищення температурного режиму потребує посиленої роботи систем вентиляції, кондиціонування, розпилення води, використання різноманітних кормових добавок для профілактики теплового стресу тощо. Отже, розвиток подій за таким сценарієм потребує додаткових капіталовкладень та має безпосередній негативний вплив на продовольчу безпеку й зайнятість населення у сільських регіонах різних країн, що потерпають від наслідків глобального потепління [34].

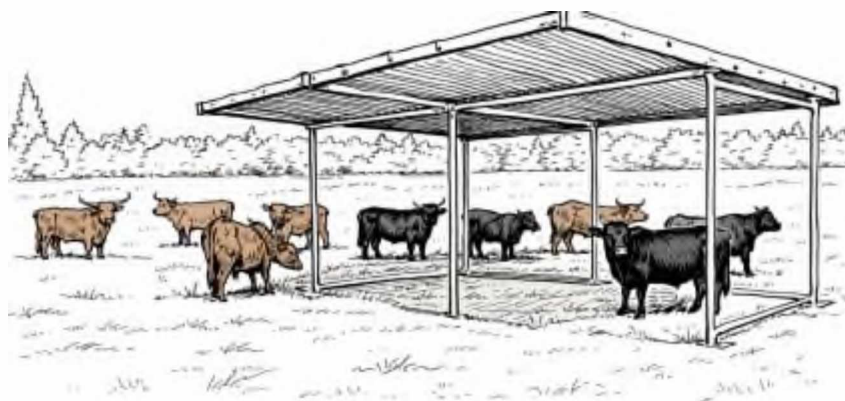
5. Практичні кейси адаптації тваринництва до кліматичних змін.

Ріст населення, швидка урбанізація та зміни в харчових звичках людства призвели до зростання світового попиту на продукти тваринництва, що в цілому, на жаль, негативно впливає на зміну клімату. Подальше підвищення температури, збільшення мінливості клімату та частіші й гранично екстремальні погодні явища становлять загрозу для галузі тваринництва. Водночас тваринництво вважається одним з основних чинників зміни клімату, оскільки завдяки цій галузі у навколишнє середовище вивільняється приблизно 7,1 гігатонни еквівалента CO₂, що становить майже 18 % від загального обсягу антропогенних викидів парникових газів [35].

Отже, згідно з інформацією з доступних нам літературних джерел та практичних рекомендацій науковців і практиків (FAO, наукові статті, звіти тощо), можна виділити декілька ключових напрямів адаптації тваринництва до кліматичних змін, які мають доказову підтримку:

5.1. Оптимізація мікроклімату ферм та технологічні заходи профілактики негативних наслідків впливу глобального потепління на тваринництво.

Для розв'язання цих питань застосовують пасивні й активні системи охолодження: тіньові навіси, вентилятори, туманоутворювачі та системи зрошення під час спекотних періодів (рис. 1–3); реконфігурацію теплозахисту приміщень і підлоги. Ці заходи мають сильну практичну доказову базу щодо зниження теплового стресу й відновлення продуктивності [22, 24, 26].



**Рис. 1. Приклад тіньового навісу на пасовищі
(створено автором з використанням ШІ)**



**Рис. 2. Приклад використання вентиляторів у приміщенні полегшеного типу
(створено автором з використанням ШІ)**



**Рис. 3. Приклад використання туманоутворення у приміщенні
для корів полегшеного типу у період теплового стресу
(створено автором з використанням ШІ)**

Створення тінювих навісів для молочних корів (захист від сонячного випромінювання) вважається необхідним для мінімізації втрат при виробництві молока й задля підтримки належної репродуктивної функції. Наука і практика доводять, що загальне теплове навантаження може бути зменшене на 30 – 50 % внаслідок правильно спроектованих тінювих навісів. Дослідженнями підтверджено, що корови в затінку порівняно з коровами, що перебувають на сонці, мають нижчу ректальну температуру (відповідно 38,9 і 39,4 °C), знижену частоту дихання (відповідно 54 і 82 дихальних рухи/хв). Крім того, корови в комфортніших умовах виробляють на 10 % більше молока проти аналогів, що потерпають від сонця та спеки. Незалежно від клімату, повновікові молочні корови потребують 3,5 – 4,5 м² простору під затіненням, зорієнтованого з півночі на південь задля проникнення сонячного світла під навіси для просушування ділянки. При цьому недостатній простір для затінення може призвести до травмування вимені через скупчення тварин, а надлишок такого простору не має переваг через тенденцію корів до групування. Тінюві навіси повинні бути висотою мінімум 4,3 м, щоб зменшити кількість сонячного випромінювання, що відбивається від даху навісу на корів. Доведено, що використання більш пористого матеріалу, як-то тінюва сітка або сітка для паркану, поступається за ефективністю навісам із суцільних матеріалів [19].

Оптимізація технологій утримання худоби у період теплового стресу передбачає створення затінку. При цьому приміщення, що покращують пасивну вентиляцію, а також додаткове використання вентиляторів і розприскувачів задля посилення ефекту, збільшують втрату тепла організмом тварин, що знижує температуру тіла і покращує споживання кормів. Інноваційні технології, що передбачають використання тунельної вентиляції, мають певні переваги та є ефективнішими [20].

5.2. Спрямована селекція та застосування схрещування і гібридизації задля досягнення необхідного результату.

Застосування сучасних методів селекції для підвищення термостійкості, адаптивності та ефективності конверсії корму залишається довгостроковою стратегією на найближчу перспективу для країн та регіонів, що вже активно потерпають від негативних наслідків глобального потепління. За таких умов треба проводити селекцію на виведення більш термотолерантних генетичних ліній, а також впроваджувати розведення генотипів на кшталт зебуподібної худоби у помірних широтах або популяризувати розведення локальних порід, що є, зазвичай, більш адаптованими до місцевого клімату. Варто наголосити, що зазначені підходи будуть дійсно ефективними за умов інтегрованого менеджменту [11]. Зауважимо, що породи молочного напрямку європейського походження складніше переносять тепловий стрес [22].

Згідно з інформацією щодо стратегії адаптації тваринництва до кліматичних змін селекційними методами в плані покращеної толерантності до теплового стресу та посухи тварин локальних порід, які найкраще пристосовані до місцевих кліматичних змін, впровадження коректних стратегій годівлі та контроль умов утримання можуть бути найкращими варіантами для пом'якшення негативних наслідків зміни клімату для тваринництва [19].

5.3. Технології виробництва продукції тваринництва, що передбачають застосування зеленої енергетики та біоекономіки.

Кліматично орієнтовані рішення для тваринництва можуть сприяти скороченню викидів парникових газів внаслідок підвищення продуктивності тваринництва, ще ефективнішого використання природних ресурсів, стратегіям зменшення викидів вуглецю та інтеграції тваринництва до зеленої енергетики й біоекономіки. Остання є сучасною економічною моделлю, що ґрунтується на сталому використанні біологічних ресурсів (рослин, тварин, мікроорганізмів, біомаси) для виробництва їжі, енергії, матеріалів, а також розробки інновацій та послуг, заміщуючи викопні ресурси та сприяючи сталому розвитку, циркулярній економіці й зменшенню кліматичного впливу. Біоекономіка охоплює науку, технології, інновації та виробництво для створення біозамісників та біопродукції, зменшуючи залежність від нафти та газу. Інші рішення зосереджуються виключно на адаптації до зміни клімату [36].

5.4. Подальше підвищення продуктивності сільськогосподарських тварин через оптимізацію технологій.

Продуктивність тваринництва можна підвищити або шляхом збільшення випуску продукції (наприклад, збільшення виробництва молока), або через зменшення витрат при збереженні того самого обсягу випуску, наприклад, шляхом використання кормів вищої якості. За попередніми оцінками, підвищення продуктивності тваринництва дасть змогу зменшити викиди на одиницю виробленої продукції на 20 – 30 %. Існують спеціальні корми для худоби, які можуть знизити викиди парникових газів, але малоімовірно, що вони будуть доступні та недорогі для дрібних фермерів в Азії та Тихоокеанському регіоні найближчим часом. До кліматично орієнтованих рішень для тваринництва, вектором яких є ефективне використання природних ресурсів, належить подальше підвищення врожайності сільськогосподарських культур з кожного гектара, підвищення продуктивності тварин, раціональне використання води (в т.ч. збір дощових вод для потреб ферм, повторне використання води на технічні потреби після її очищення), ефективне використання енергії з низьким вмістом вуглецю та зменшення відходів у ланцюжку створення доданої вартості [9, 36, 37].

Науковці доводять, що існує небагато варіантів скорочення обсягів викидів метану за екстенсивної системи випасу великої рогатої худоби без зменшення виробництва яловичини, оскільки варіанти підвищення ефективності виробництва або засвоєння поживних речовин кормів зумовлюють зниження рівня викидів на 1 кг виробленої яловичини, але водночас призводять до збільшення поголів'я худоби й відповідно валових обсягів викидів метану [38].

5.5. Зміни у годівлі та кормовиробництві.

Корекція раціонів у спеку (збільшення частки корму високої енергетичної цінності, додавання електролітів і антиоксидантів, застосування пробіотиків, які покращують перетравлення) допомагає мінімізувати падіння продуктивності під час теплового стресу. Оцінка FAO свідчить, що підвищення продуктивності коштом кормових стратегій знижує викиди вуглецю на одиницю виробленої продукції й підвищує рентабельність ферми [36].

Нині ми спостерігаємо чіткі зміни клімату та їхній вплив на продуктивність травостою вже по всій Європі. Середземноморський та північний регіони Європи є дещо протилежними в плані змін температури та кількості опадів: у найближчому майбутньому очікуються тепліші й вологіші зими на півночі та тепліша й більш засушлива погода влітку на півдні. Глобальне потепління й підвищена концентрація вуглекислого газу в атмосфері можуть сприяти збільшенню виробництва кормів саме у північному регіоні Європи, тоді як виробництво кормів в багатьох середземноморських регіонах у найближчому майбутньому, ймовірно, буде ще більше ускладнене посухою [39].

В умовах сьогодення існують різні практики використання спеціалізованих біологічно активних речовин, що певною мірою нівелюють негативний вплив теплового стресу. Так, молочні корови, яким згодуюють ніацин, захищений від розпаду у рубці, мають нижчу ректальну та вагінальну температуру за помірного теплового навантаження [40].

5.6. Раціональний менеджмент використання води.

Резервуари, система підвезення води, збір дощової води, менеджмент використання водних резервуарів і стратегії економії – критичні складники адаптації тваринництва, особливо у регіонах із сезонними посухами. Наведений раніше приклад в регіоні Балкан підкреслює гостру потребу поточних інвестицій у водну інфраструктуру в умовах сьогодення на тлі глобального потепління, що прогресує навіть у Східній Європі [15].

Інший приклад оптимізації менеджменту водних ресурсів, вже в умовах Африканського континенту, передбачає заощадження води внаслідок раціонального управління пунктами водопостачання та інтеграції тваринництва в системи зрошення [41].

5.7. Системні та ланцюгові підходи щодо адаптації тваринництва до глобального потепління.

Диверсифікація господарств, зміна сезонності випасу, інтеграція з рослинництвом (виращування кормів із відносно низькими потребами води для вегетації), страхування врожаю/стада, раннє попередження про ризики, ферментація гною – заходи, які підвищують стійкість на рівні господарств і громад [42].

В умовах Східної Європи, та для України зокрема, перспективними кормовими культурами, що добре себе зарекомендували за посушливого клімату можуть бути італійський райграс (висока врожайність в посушливих умовах) [43], люцерна (росте в посушливих умовах та має високий рівень протеїну) [44], озиме жито та тритикале або повнозернові силоси з озимих культур (використовують вологу осіннього, зимового, весняного періодів для хорошої вегетації навесні, мають помірний рівень протеїну, багаті на клітковину) [2, 45–48].

За результатами аналізу наявних стратегій адаптації тваринництва, включно з їх ефективністю у країнах Африки з низьким та середнім рівнем доходу, запропоновані спрощені та цільові стратегії для підвищення стійкості систем галузі. До основних заходів адаптації при цьому належить генетичне поліпшення та диверсифікація видів худоби, системи та методи ранньої профілактики негативних наслідків, технології точного тваринництва («розумні» ферми), кліматично орієнтовані стратегії, інституційні та політичні рамки та ініціативи з подальшого нарощування потенціалу

тваринництва. Крім того, було виділено ключові фактори, що впливають на результати стратегій адаптації, такі як раціональний менеджмент, фінансові інвестиції, залучення громад та технологічна інфраструктура. Хоча деякі стратегії, такі як програми розведення теплостійкої худоби та системи раннього запобігати негативним наслідкам глобального потепління вже дали певні позитивні результати, проте все одно існує ще багато перешкод – обмежене фінансування, слабкі інституційні рамки та опір населення змінам. Як результат, все це перешкоджає широкому впровадженню необхідних інновацій, що потребують збільшення інвестицій, інтеграції політики адаптації до кліматичних змін у національні плани розвитку та посилення підходів, що передбачають участь локальних фермерських господарств [49].

5.8. Потреба у зниженні вуглецевого сліду від тваринництва.

Тваринництво є джерелом парникових газів (метан, оксид азоту), тому варто зосередитися на ефективних технологіях у цій галузі, що знижують емісію вуглецю при виробництві одиниці продукції. Такі технології включають оптимізацію годівлі (збільшення ефективності перетравлення), підвищення продуктивності, раціональне поводження з тваринним гноєм та органічними відходами (виробництво біогазу (рис. 4)), а також інновації у кормових добавках (інгібітори метану).

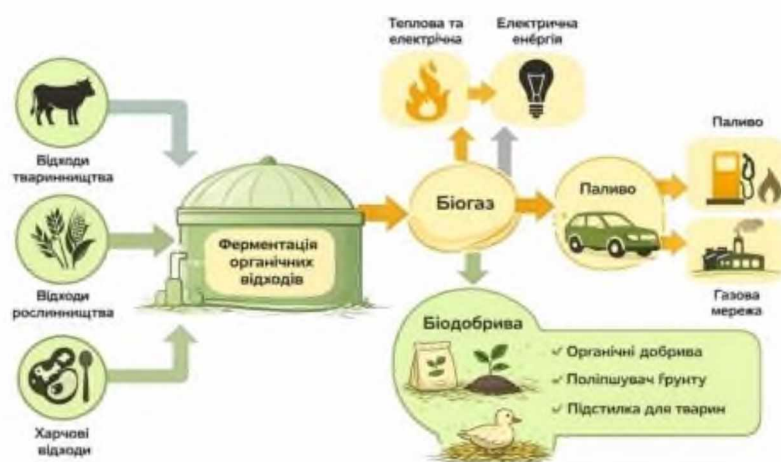


Рис. 4. Ферментація органічних відходів як метод зниження парникових газів (авторська інтерпретація за даними [50], візуалізовано за допомогою інструментів ШІ)

Усі ці підходи є експериментально доведеними та позитивно оцінюються науковцями й практиками, але потребують значних інвестицій. При цьому науковці наголошують, що елементарне зниження інтенсивності виробництва у вигляді простого скорочення поголів'я без структурних змін та підходів до технологічного процесу не є стійким та раціональним розв'язанням проблеми [3, 8, 28, 35, 36, 51, 52].

Висновки. Кліматично орієнтоване тваринництво в умовах сьогодення – це не просто опціональна тема, а нагальна вимога як для усього світу, так і для Південної й Східної Європи зокрема. Комбінація адаптаційних заходів, спрямованих на нівелювання проблеми глобального потепління, дає змогу зменшувати ризики від зниження рівня продуктивності тварин й

прибутковості фермерських господарств та одночасно сприяти скороченню викидів парникових газів. Світова політика у галузі тваринництва має поєднати швидкодіючі інтервенції з довгостроковими інвестиціями у більш адаптовані генотипи тварин шляхом спрямованої селекції, через покращені інфраструктури та системи моніторингу функціонування тваринництва як галузі виробництва. Подальші дослідження мають зосередитися на регіональних даних, тестуванні практичних заходів у реальних господарствах і розробці інтегрованих рішень, які економічно здійсненні для місцевих фермерів.

Узагальнення рекомендацій для політики та практики:

- інвестувати у «низьковитратні» інфраструктурні заходи – забезпечення тварин достатньою кількістю води з різних джерел (в т.ч. збір та збереження дощової води), елементарне застосування тінювих навісів для тварин, використання вентиляторів. Все це забезпечує відносно швидкий ефект для фермерів з обмеженим капіталом;
- впровадження інноваційних підходів до годівлі тварин (повнозмішані раціони, спеціальні добавки до раціону, навчання), що одночасно підвищує їх продуктивність і знижує рівень емісії парникових газів;
- фінансова підтримка генетичних програм та інформаційні кампанії щодо адаптивних порід;
- розвиток систем моніторингу (клінічне спостереження, сенсори, погодні служби) для оперативного реагування;
- навчання персоналу, населення, мешканців громад інноваційним практикам ведення тваринництва в умовах глобального потепління. При цьому до короткострокових заходів з адаптації належить підвищення стійкості та диверсифікація видів і порід худоби, методи й системи ранньої профілактики проблеми, а до довгострокових заходів – оптимальні стратегії розведення, інституційна політика щодо кліматично орієнтованих систем тваринництва, застосування “точного тваринництва” та інновацій на основі даних для адаптації до зміни клімату;
- підтримка досліджень в реаліях Східної Європи та в умовах України, яка входить до її складу – розробка пілотних проєктів з подальшим їх масштабуванням на рівні держави, оцінка ефективності подібних заходів та проведення ретельного економічного аналізу. Як один із прикладів – наукова робота лабораторії молочного скотарства Інституту свинарства та АПВ НААН (м. Полтава, Україна), що спрямована саме на кліматично орієнтоване тваринництво.

Перспективи подальших досліджень. У рамках досліджуваної проблеми буде наголошено на конкретних прикладах ефективності різних методів нівелювання негативної дії глобального потепління на ведення галузі тваринництва, що стосуються питань розведення, годівлі та утримання тварин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future August 1987. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата звернення: 08.05.2025).

2. Сусол Р. Л., Кірович Н. О., Елфеел. А. А. А. Сучасні аспекти промислового виробництва молока підвищеної якості з урахуванням наростаючої проблеми глобального потепління : монографія. Одеса: Астропринт, 2024. 136 с.
3. Джакелі Н. С. Вплив глобальних кліматичних змін на сільське господарство. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. інтернет – конф. (м. Полтава, 12 груд. 2019 р.). Полтава, С. 106–107. URL: <https://dSPACE.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/256ad93b-2541-4fed-83e9-b4808ae33ed1/content> (дата звернення: 08.05.2025).
4. European State of the Climate. Report 2024. URL: https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/ESOTC-2024/press-resources/ESOTC-2024-report.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 08.05.2025).
5. Kerr B. R., Hasegawa T., Lasco R., Bhatt I., Deryng D., Farrell A., Gurney-Smith H., Ju H., Lluch-Cota S., Meza F., Nelson G., Neufeldt H., Thornton P. Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / eds. Pörtner, H.-O. Roberts D. C., Tignor M. et al. Cambridge: Cambridge Univer. Press, 2023. P. 713–906. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007>
6. Bubbico R. L., Gattini L., Gereben Á., Kolev A., Kollár M., Slacik T. Wind of change: Investment in Central, Eastern and South Eastern Europe. *Report of the EIB Economics Department* / Europ Invest Bank; Oesterreichische Nationalbank (OeNB). September 2017. URL: https://www.eib.org/files/efs/economics_study_wind_of_change_investment_in_cesee_en.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 08.05.2025).
7. Czubak W., Pawłowski K., Sadowski Ar. Outcomes of farm investment in Central and Eastern Europe: The role of financial public support and investment. *Land Use Policy*. 2021. Vol. 108. Article 105655. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105655>
8. FAO. Climate Smart Agriculture Sourcebook. URL: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b2-livestock/chapter-b2-1/fr/> (дата звернення: 08.05.2025).
9. Сусол Р. Л. Напрями оптимізації технологій виробництва свинини з урахуванням потенційних проблем глобального потепління. *Свинарство і агропромислове виробництво* : міжвідом. темат. наук. зб. / Ін-т свинарства і АПВ НААН. Полтава, 2023. Вип. 1(79). С.143–159. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-1\(79\)09](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-1(79)09)
10. Хом'як О. А. Вплив зміни клімату на здоров'я та продуктивність сільськогосподарських тварин. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. за участю ФАО (м. Київ. 13–14 бер. 2018 р.) / Наук.-метод. центр «Агроосвіта». Київ, 2018. С. 239–242.
11. Escarcha J. F., Lassa J. A., Zander K. K. Livestock under climate change: A systematic review of impacts, adaptation and mitigation. *Climate (MDPI)*. 2018. Vol. 6. Iss. 3. Article 54. <https://doi.org/10.3390/cli6030054>
12. Hashem N. M., Martinez P., Gonzalez-Bulnes A., El-raghi Ali. Case studies on impacts of climate change on smallholder animal production systems in Egypt and Spain. *Sustainability*. 2023. Vol. 15. Iss. 18. Article 13975. <https://doi.org/10.3390/su151813975>
13. Thornton P. K., van de Steeg J., Omer Notenbaert A. M., Herrero M. *The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. Agricultural Systems*. 2009. Vol. 101. Iss. 3. P. 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002>
14. Polsky L., von Keyserlingk M. A. G. Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J. of Dairy Sci*. 2017. Vol. 100. Iss. 11. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651> (дата звернення: 08.05.2025).
15. Bzganovic I., Gec J. Water tanks replace springs on a Serbian mountain as drought endangers some 1,000 cows and horses. *Climate. Apnews*. URL: <https://apnews.com/article/balkans-serbia-drought-crops-cows-58400ca7b48ab7315f13005f7d5f75c5/> (дата звернення: 08.05.2025).
16. Karamushka V., Boychenko S., Kuchma T., Zabarna O. Trends in the Environmental Conditions, Climate Change and Human Health in the Southern Region of Ukraine. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. Iss. 9. Article 5664. <https://doi.org/10.3390/su14095664>

17. Semenova I., Vicente-Serrano S. M. Long-term variability and trends of meteorological droughts in Ukraine. *Intern. J. of Climatology*. 2024. Vol. 44. P. 1849–1866. <https://doi.org/10.1002/joc.8416>
18. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / eds. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. et al. Cambridge University Press, 2023. 3056 p. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
19. Collier R. J., Dahl G. E., Van Baale M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. of Dairy Sci.* 2006. Vol. 89. Iss. 4. P. 1244–1253. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2) (дата звернення: 08.05.2025).
20. West J. W. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J. of Dairy Sci.* 2003. Vol. 86. Iss. 6. P. 2131–2144. URL: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X) (дата звернення: 08.05.2025).
21. Giannone C., Bovo M., Ceccarelli M., Torreggiani D., Tassinari P. Review of the heat stress-induced responses in dairy cattle. *Animals*. 2023. Vol. 13. Iss. 22. Article 3451. <https://doi.org/10.3390/ani13223451>
22. Oliveira C. P., Campos de Sousa F., Lopes da Silva A., Schultz É. B., Londoño R. I. V., Reinoso de Souza P. A. Heat stress in dairy cows: impacts, identification and mitigation strategies – a review. *Animals* (MDPI). 2025. Vol. 15. Iss. 2. Article 249. <https://doi.org/10.3390/ani15020249>
23. Perano, K. M., Usack J. G., Largus T. Angenent L. A., Kifle G. Gebremedhin K. G. Production and physiological responses of heat-stressed Italian Holstein dairy cattle. *J. of Dairy Sci.*, 2013. Vol. 97. Iss. 1. P. 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
24. Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A. Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *J. of Dairy Sci.* 2013. Vol. 98. Iss. 8. P. 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8784>
25. Wasti S., Sah N., Mishra B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances. *Animals (Basel)*. 2020. Vol. 10. Iss. 8. Article 1266. <https://doi.org/10.3390/ani10081266>
26. Liu L., Ren M., Ren K., Jin Y. Heat stress impacts on broiler performance: a systematic review and meta-analysis. *Poultry Sci.* 2020. Vol. 99. Iss. 11. P. 6205–6211. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.019>
27. Hristov J., Toreti A., Domínguez I. P., Dentener F. Analysis of climate change impacts on EU agriculture by 2050. 2020. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2020-05/pesetaiv_task_3_agriculture_final_report.pdf (дата звернення: 08.05.2025).
28. Water use of livestock production systems and supply chains – Guidelines for assessment (Draft for public review). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome, 2018. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e734ac29-6d43-4f88-9321-7dbda7afa401/content.com> (дата звернення: 08.05.2025).
29. Jones K. E., Patel N. G., Levy M. A., Storeygard A., Balk D., Gittleman J. L., Daszak P. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008. Vol. 451. P. 990–994. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
30. Peterson A. T. Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerging Infectious Diseases*. 2006. Vol. 22. Iss. 12. P. 1822–1826. <https://doi.org/10.3201/eid1212.060373>
31. Wall R., Morgan E. Veterinary parasitology and climate change. *Vet. Parasitology*. 2009. Vol. 163. Iss. 4. P. 263. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.023>
32. Lubroth J. Climate change and animal health. *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector: Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop (23–24 April 2012)* / eds: A. Meybeck J. Lankoski S. Redfern N. Azzu, V. Gitz. P. 63–70. URL: <file:///C:/Users/%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7/Downloads/oecdfaocc.pdf> (дата звернення: 08.05.2025).
33. Pinto J., Bonacic C., Hamilton-West C., Romero J., Lubroth J. Climate change and animal diseases in South America. *Revue Scientifique et Technique*. 2008. Vol. 27. Iss. 2. P. 599–613. URL:

https://www.researchgate.net/publication/23285593_Climate_change_and_animal_diseases_in_South_America (дата звернення: 08.05.2025).

34. Мельник Ю. І., Дьяков О. А., Сусол Р. Л. та ін. Комплексна оцінка передумов та чинників агроекологічної кластеризації в Одеській області. Одеса, 2019. 60 с.
35. Livestock's long shadow – environmental issues and options (2006). Rome, URL: <http://www.fao.org/3/A0701E/a0701e.pdf> (дата звернення: 08.05.2025).
36. Climate-smart livestock production. A practical guide for Asia and the Pacific region / FAO. Bangkok, 2021 <https://doi.org/10.4060/cb3170en>
37. Opio C., Gerber P., Mottet A., Falcucci A., Tempio G., MacLeod M., Vellinga T., Henderson B., Steinfeld H. Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment / FAO. Rome. 2013. URL: <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e.pdf> (дата звернення: 08.05.2025).
38. Rolfe J. Economics of reducing methane emissions from beef cattle in extensive grazing systems in Queensland Available to Purchase. *The Rangeland J.* 2010. Vol. 32. Iss. 2. P. 197–204. <https://doi.org/10.1071/RJ09026>
39. Ergon A., Seddaiu G., Korhonen P., Virkajärvi P., Bellocchi G., Jørgensen M., Østrem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? *European J. of Agronomy.* 2018. Vol. 92. P. 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
40. Zimbelman R. B., Baumgard L. H., Collier R. J. Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. *J. of Dairy Sci.* 2010. Vol. 93. P. 2387–2394. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2557>
41. Descheemaeker K., Amede T., Haileslassie A. Improving water productivity in mixed crop-livestock farming systems of sub-Saharan. *Africa Agricultural water management.* 2010. Vol. 97. P. 579–586. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.11.012>
42. Giro A., Kumar N. Climate smart livestock system (review). *J. of Agricultural Research Pesticides and Biofertilizers.* 2023. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/376830760_Climate_Smart_Livestock_System_Review (date of reference 08.05.2025).
43. Taweel H. Z., Tas B. M., Smit H. J., Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S. Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005. Vol. 121. Iss. 3–4. P. 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.024>
44. Крюкова Л., Крюков Д. Масштабність у деталях: все, що потрібно знати про силос. Що може люцерна і як забезпечити успіх вирощування на наступні роки. *Тваринництво. Ветеринарія.* 2020. № 3. С. 14–17.
45. West J. R., Ruark M. D., Shelley K. Sustainable intensification of corn silage cropping systems with winter rye. *Agronomy for Sustainable Development.* 2020. Vol. 40. Article 11. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00615-6>
46. Cledson R., João R., Soares A. B., Evelise A. Oat, triticale and rye in mixture with ryegrass: 1. Dynamics, forage yield and quality. *R. Bras. Zootec.* 2000. Vol. 29. Iss. 1. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100011>
47. Double cropping. Fall rye for extra forage. *Website Ontario. ca style guide.* URL: <https://www.ontario.ca/page/double-cropping-fall-rye-extra-forage> (дата звернення: 15.10.2023).
48. Силос із озимих злаків. Це варіант. *Agroexpert.* 2013. № 1(54). С. 84–85.
49. Bashiru H. A., Oseni S. O. Simplified climate change adaptation strategies for livestock development in low-and middle-income countries. *Front. Sustain. Food Syst.* 2025. Vol. 9. Article 1566194. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1566194>
50. Біогазове виробництво: сировина й застосування біогазу – AgroBiogas. *AGROTIMES.* URL: https://agrobiogas.com.ua/biogas_production_raw_materials_and_further_use_of_biogas/ (дата звернення: 14.07.2025).
51. Maciuk V., Kirovich N., Ruslan Susol R., Stulnyk Al. Current Status and Prospects for the Development of Organic Livestock Products Manufacturing in the Context of Philosophy or Technology in Eastern European Countries. *Аграрний вісник Причорномор'я.* Одеса, 2025. № 115. С. 238–261. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.115.18>
52. Стульник І., Сусол Р. (2025). Ефективні технології відгодівлі надремонтного молодняка худоби помісного походження в умовах посушливого клімату півдня України. *Аграрний вісник Причорномор'я.* Одеса, 2025. № 116. С., 262-280. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.116.18>

REFERENCES

1. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future August 1987. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (date of access: 08.05.2025).
2. Susol, R. L., Kirovych, N. O., & Elfeel, A. A. A. (2024). Suchasni aspekty promysloвого vyrobnytstva moloka pidvyshchenoi yakosti z urakhuvanniam narostaiuchoi problemy hlobalnoho poteplinnia [Contemporary aspects of industrial production of high-quality milk, taking into account the growing problem of global warming]. Odesa: Astroprint [in Ukrainian].
3. Dzhakeli, N. S. (2019). Vplyv hlobalnykh klimatychnykh zmin na silske hospodarstvo [The impact of global climate change on agriculture]. *Efektivne funktsionuvannia ekolohichno-stabilnykh terytorii u konteksti stratehii stiikoho rozvytku: ahroekolohichni, sotsialnyi ta ekonomichni aspekty* [Effective functioning of ecologically stable territories in the context of sustainable development strategy: agroecological, social and economic aspects]: Proceeding of the III Intern Sci & Pract Internet Conf. (Poltava, 12 Dec). Poltava, 106–107 [in Ukrainian]. Retrieved from <https://dspace.pdau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/256ad93b-2541-4fed-83e9-b4808ae33ed1/content> (date of access: 08.05.2025).
4. European State of the Climate. Report 2024. Retrieved from https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/custom-uploads/ESOTC-2024/press-resources/ESOTC-2024-report.pdf?utm_source=chatgpt.com (date of access: 08.05.2025).
5. Kerr, B. R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., ... & Thornton, P. Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., ... & Rama, B. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press, P. 713–906. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007>
6. Bubbico, R. L., Gattini, L., Gereben, Á., Kolev, A., Kollár, M., & Slacik, T. (2017). Wind of change: Investment in Central, Eastern and South Eastern Europe. *Report of the EIB Economics Department*. Euro Invest Bank; Oesterreichische Nationalbank (OeNB). September 2017. Retrieved from https://www.eib.org/files/efs/economics_study_wind_of_change_investment_in_cesee_en.pdf?utm_source=chatgpt.com (date of access: 08.05.2025).
7. Czubak, W., Pawłowski, K., & Sadowski, Ar. (2021). Outcomes of farm investment in Central and Eastern Europe: The role of financial public support and investment. *Land Use Policy*, 108, 105655. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105655>
8. FAO. Climate Smart Agriculture Sourcebook. Retrieved from <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b2-livestock/chapter-b2-1/fr/> (date of access: 08.05.2025).
9. Susol, R. L. (2023). Napriamy optymizatsii tekhnolohii vyrobnytstva svynyny z urakhuvanniam potentsiinykh problem hlobalnoho poteplinnia [Directions of the optimization of pork production technologies taking into account potential problems of global warming]. *Svynarstvo i ahropromyslove vyrobnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 1(79), 144–160 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-1\(79\)09](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2023-1(79)09)
10. Khomiak, O. A. (2018). Vplyv zminy klimatu na zdorovia ta produktyvnist silskohospodarskykh tvaryn [The impact of climate change on the health and productivity of farm animals]. *Proceedings of the Intern Sci & Pract Conf with the participation of FAO 'Climate Change and Agriculture. Challenges for Agricultural Science and Education'* (Kyiv, 13–14 March 2018). Kyiv: Ahrosvita, 239–242 [in Ukrainian].
11. Escarcha, J. F., Lassa, J. A., & Zander, K. K. (2018). Livestock under climate change: A systematic review of impacts, adaptation and mitigation. *Climate (MDPI)*, 6(3), 54. <https://doi.org/10.3390/cli6030054>
12. Hashem, N. M., Martinez, P., Gonzalez-Bulnes, A., & El-raghi, Ali. (2023). Case studies on impacts of climate change on smallholder animal production systems in Egypt and Spain. *Sustainability*, 15(18), 13975. <https://doi.org/10.3390/su151813975>
13. Thornton, P. K., van de Steeg, J., Omer Notenbaert, A. M., & Herrero, M. (2009). *The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know*. *Agricultural Systems*, 101(3), 113–127. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2009.05.002>

14. Polsky, L., & von Keyserlingk, M. A. G. (2017). Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *J of Dairy Sci.*, 100(11). <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651> (date of access: 08.05.2025).
15. Bzganovic, I., Gec, J. Water tanks replace springs on a Serbian mountain as drought endangers some 1,000 cows and horses. *CLIMATE. APNEWS*. Retrieved from <https://apnews.com/article/balkans-serbia-drought-crops-cows-58400ca7b48ab7315f13005f7d5f75c5/> (date of reference 08.05.2025).
16. Karamushka, V., Boychenko, S., Kuchma, T., & Zabarna, O. (2022). Trends in the Environmental Conditions, Climate Change and Human Health in the Southern Region of Ukraine. *Sustainability*, 14(9), 5664. <https://doi.org/10.3390/su14095664>
17. Semenova, I., & Vicente-Serrano, S. M. (2024). Long-term variability and trends of meteorological droughts in Ukraine. *Intern J of Climatology*, 44, 1849–1866. <https://doi.org/10.1002/joc.8416>
18. IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegria, A., Craig, M. ... & Rama B. (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
19. Collier, R. J., Dahl, G. E., & Van Baale, M. J. (2006). Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J of Dairy Sci*, 89(4), 1244–1253. Retrieved from [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2) (date of access: 08.05.2025).
20. West, J. W. (2003). Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J of Dairy Sci*, 86(6), 2131–2144. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X) (date of access: 08.05.2025).
21. Giannone, C., Bovo, M., Ceccarelli, M., Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2023). Review of the heat stress-induced responses in dairy cattle. *Animals*, 13(22), 3451. <https://doi.org/10.3390/ani13223451>
22. Oliveira, C. P., Campos de Sousa, F., Lopes da Silva, A., Schultz, É. B., Londoño, R. I. V., Reinoso de Souza, P. A. (2025). Heat stress in dairy cows: impacts, identification and mitigation strategies – a review. *Animals* (MDPI), 15(2), 249. <https://doi.org/10.3390/ani15020249>
23. Perano, K. M., Usack, J. G., Largus T. Angenent, L. A., & Kifle G. Gebremedhin, K. G. (2013). Production and physiological responses of heat-stressed Italian Holstein dairy cattle. *J. of Dairy Sci.*, 97(1), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
24. Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., & Vitali, A. (2013). Production and physiological responses of heat-stressed lactating dairy cattle to conductive cooling. *J of Dairy Scie.*, 98(8), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8784>
25. Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances. *Animals (Basel)*, 10(8), 1266. <https://doi.org/10.3390/ani10081266>
26. Liu, L., Mengya Ren, M., Kui Ren, K., & Yuanchang Jin, Y. (2020). Heat stress impacts on broiler performance: a systematic review and meta-analysis. *Poultry Sci.*, 99(11). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.019>
27. Hristov, J., Toreti, A., Domínguez, I. P., & Dentener, F. (2020). Analysis of climate change impacts on EU agriculture by 2050. Retrieved from https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2020-05/pesetaiv_task_3_agriculture_final_report.pdf (date of access: 08.05.2025).
28. FAO. (2018). Water use of livestock production systems and supply chains – Guidelines for assessment (Draft for public review). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. FAO, Rome. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e734ac29-6d43-4f88-9321-7dbda7afa401/content.com> (date of reference 08.05.2025).
29. Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, 451, 990–994. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
30. Peterson, A. T. (2006). Ecologic Niche Modeling and Spatial Patterns of Disease Transmission. *Emerging Infectious Diseases*, 22(12), 1822–1826. <https://doi.org/10.3201/eid1212.060373>
31. Wall, R. & Morgan, E. (2009). Veterinary parasitology and climate change. *Vet Parasitology*, 163, 263. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.023>

32. Lubroth, J. (2012). Climate change and animal health. In Meybeck A., Lankoski, J., Redfern S., Azzu, N. & Gitz, V. (eds.). *Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector: Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop (23–24 April 2012)*, 63–70. Retrieved from <file:///C:/Users/%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7/Downloads/oecdfaocc.pdf> (date of access: 08.05.2025).
33. Pinto, J., Bonacic, C., Hamilton-West, C., Romero, J. & Lubroth, J. (2008). Climate change and animal diseases in South America. *Revue Scientifique et Technique*, 27(2), 599–613. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/23285593_Climate_change_and_animal_diseases_in_South_America (date of access: 08.05.2025).
34. Melnyk, Yu. I., Diakov, O. A., Susol, R. L. et al. (2019). Kompleksna otsinka peredumov ta chynnykiv ahroekolohichnoi klasteryzatsii v Odeskii oblasti [Comprehensive assessment of prerequisites and factors of agroecological clustering in the Odessa region]. Odesa [in Ukrainian].
35. FAO (2006). Livestock's long shadow – environmental issues and options. Rome Retrieved from <http://www.fao.org/3/A0701E/a0701e.pdf> (date of access: 08.05.2025).
36. FAO (2021). Climate-smart livestock production. A practical guide for Asia and the Pacific region. Bangkok. <https://doi.org/10.4060/cb3170en>
37. Opio, C., Gerber, P., Mottet, A., Falcucci, A., Tempio, G., MacLeod, M., Vellinga, T., Henderson, B. & Steinfeld, H. (2013). Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains – A global life cycle assessment / FAO. Rome. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e.pdf> (date of access: 08.05.2025).
38. Rolfe, J. (2010). Economics of reducing methane emissions from beef cattle in extensive grazing systems in Queensland Available to Purchase. *The Rangeland J.*, 32(2), 197–204. <https://doi.org/10.1071/RJ09026>
39. Ergon, A., Seddaiu, G., Korhonen, P., Virkajärvi, P., Bellocchi, G., Jørgensen, M., Østrem, L., Reheul, D., & Volaire, F. (2018). How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? *European J of Agronomy*, 92, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
40. Zimbelman, R. B., Baumgard, L. H., & Collier, R. J. (2010). Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. *J of Dairy Sci.*, 93, 2387–2394. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2557>
41. Descheemaeker, K., Amede, T., & Haileslassie, A. (2010). Improving water productivity in mixed crop-livestock farming systems of sub-Saharan. *Africa. Agricultural water management*, 97, 579–586. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.11.012>
42. Giro, A., & Kumar, N. (2023). Climate Smart Livestock System. Review. *J of Agricultural Research Pesticides and Biofertilizers*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/376830760_Climate_Smart_Livestock_System_Review (date of access: 08.05.2025).
43. Taweel, H. Z., Tas, B. M., Smit, H. J., Elgersma, A., Dijkstra, J., & Tamminga, S. (2005). Effects of feeding perennial ryegrass with an elevated concentration of water-soluble carbohydrates on intake, rumen function and performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 121, 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.024>
44. Kriukova, L., & Kriukov, D. (2020). Masshtabnist u detaliakh: vse, shcho potribno znaty pro sylos. Shcho mozhe liutserna i yak zabezpechyty uspikh vyroshchuvannia na nastupni roky [Scale in detail: everything you need to know about silage. What alfalfa can do and how to ensure successful cultivation for years to come]. *Tvarynyystvo. Veterynariia*, 3, 14–17 [in Ukrainian].
45. West, J. R., Ruark, M. D., & Shelley, K. (2020). Sustainable intensification of corn silage cropping systems with winter rye. *Agronomy for Sustainable Development*, 40, 11. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00615-6>
46. Cledson, R., João, R., Soares, A. B., Evelise, A. (2000) Oat, triticale and rye in mixture with ryegrass: 1. Dynamics, forage yield and quality. *R. Bras. Zootec.*, 29(1). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100011>
47. Sylos iz ozymykh zlakiv. Tse variant [Silage from winter cereals. This is one option] (2013). *Agroexpert*, 1(54), 84–85 [in Ukrainian].
48. Sylos iz ozymykh zlakiv. Tse variant [Silage from winter cereals. This is one option] (2013). *Agroexpert*, 1(54), 84–85 [in Ukrainian].
49. Bashiru, H. A., & Oseni, S. O. (2025). Simplified climate change adaptation strategies for livestock development in low-and middle-income countries. *Front. Sustain. Food Syst.*, 9, 1566194. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1566194>

50. Biohazove vyrobnytstvo: syrovyna y zastosuvannya biohazu – AgroBiogas [Biogas production: raw materials and biogas applications – AgroBiogas.]. AGROTIMES. Retrieved from https://agrobiogas.com.ua/biogas_production_raw_materials_and_further_use_of_biogas/ (date of access: 07.14.2025) [in Ukrainian].

51. Maciuk, V., Kirovich, N., Susol, R., Stulnyk, A. I. (2025). Current Status and Prospects for the Development of Organic Livestock Products Manufacturing in the Context of Philosophy or Technology in Eastern European Countries. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral], 115, 238–261. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.115.18>

52. Stulnyk, I., & Susol, R. (2025). Efektyvni tekhnolohii vidhodivli nadremontnoho molodniaku khudoby pomisnoho pokhodzhennia v umovakh posushlyvoho klimatu pivdnia Ukrainy. [Effective technologies for fattening overgrown replacement young cattle of mixed origin in the arid climate of southern Ukraine]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral]. Odesa, 116, 262-280. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2025.116.18>

THE RELEVANCE OF CLIMATE-ORIENTED LIVESTOCK ISSUES IN THE CONTEXT OF INCREASING GLOBAL WARMING IN EUROPE

R. L. Susol

*Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production, National Academy of Agrarian Sciences
1 Shvedska Mohyla St., Poltava, Ukraine, 36009
<https://ror.org/00r693281>*

*The article summarizes current knowledge about the effects of climate change on livestock farming, available adaptation and mitigation measures (“Climate-Smart Livestock”), regional challenges for Eastern Europe, and priorities for scientific and practical policy. **The objective** of the work was to conduct a thorough literature review to identify ways of preventing the potential consequences of global warming, using the example of other countries where this problem exists, in order to develop a domestic model of adapted livestock farming technologies for the arid regions of southern, eastern, and central Ukraine. **Summary of recommendations for policy and practice:** Investing in low-cost infrastructure measures (providing animals with sufficient water from various sources, including rainwater collection and storage, simple shade structures for animals, and the use of fans) – these measures have a relatively quick impact for farmers with limited capital; Innovative approaches to animal feeding (complete mixed rations, special feed additives, training), which simultaneously increase productivity and reduce emissions; Financial support for genetic programs and information campaigns on adaptive breeds; Development of monitoring systems (clinical observation, sensors, weather services) for rapid response, i.e., precision livestock farming and data-driven innovations to adapt livestock farming to climate change; training staff, the general public, and community residents in innovative livestock farming practices in the context of global warming with a view to promoting their widespread adoption; Supporting research in the realities of Eastern Europe and Ukraine, which is part of it – developing pilot projects with their subsequent scaling at the state level, evaluating the effectiveness of such measures, and conducting a thorough economic analysis. As one example, the scientific work of the dairy cattle laboratory at the Institute of Pig Breeding and Animal Production (Poltava, Ukraine) is focused specifically on climate-oriented animal husbandry.*

Keywords: global warming, animal husbandry, heat stress, physiological consequences, feed production, feeding, water resources, disease risks, socio-economic consequences, adaptation cases.

For citation (APA Style):

Susol, R. L. (2025). Aktualnist pytan klimatychno orientovanoho tvarynnytstva za pidvyshchennia tempiv hlobalnoho poteplinnia u yevropi (ohliadova) [The relevance of climate-oriented livestock issues in the context of increasing global warming in Europe (review)]. *Svynarstvo i Ahropromyslove Vyrobnnytstvo* [Pig Breeding and Agroindustrial Production]. Poltava, 5–6(83–84), 164–183 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.37143/2786-7730-2025-5-6\(83-84\)11](https://doi.org/10.37143/2786-7730-2025-5-6(83-84)11)

Використання штучного інтелекту (ШІ):

Автор заявляє про використання генеративного ШІ у процесі дослідження та підготовки рукопису. Відповідно до таксономії GAIDeT (2025), наведені нижче завдання були делеговані інструментам генеративного ШІ за повного людського нагляду: пошук і систематизація літератури; оцінювання новизни дослідження та виявлення прогалін; візуалізація деяких даних, наведених у підрозділах 5.1. та 5.8.; вичитування та редагування; переклад. Використаний інструмент генеративного ШІ: ChatGPT-5.2, Gemini 3.

Відомості про авторів:

Сусол Руслан Леонідович, доктор сільськогосподарських наук, професор, в. о. завідувача лабораторії молочного скотарства, Інститут свинарства і АПВ НААН